

VERGLEICHENDE MORPHOMETRISCHE
UNTERSUCHUNGEN AM GEHIRN VON
SUS SCROFA UND *SUS SCROFA* F.
DOMESTICA

von JANA CARINA BÖNDEL

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

VERGLEICHENDE MORPHOMETRISCHE
UNTERSUCHUNGEN AM GEHIRN VON *SUS SCROFA*
UND *SUS SCROFA* F. DOMESTICA

von Jana Carina Böndel
aus Gütersloh

München 2017

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Priv.-Doz. Dr. Sven Reese

Mitbetreuung durch: Dr. Dipl.-Soz.päd. Jutta Friker

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard Straubinger

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Sven Reese

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Matthias Ritzmann

Tag der Promotion: 29. Juli 2017

Meinen Eltern
in Liebe und Dankbarkeit
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG.....	1
II.	DEFINITIONEN	2
III.	LITERATURÜBERSICHT	4
1.	Taxonomie.....	4
2.	Geschichte des Hausschweins, Domestikation und Zucht.....	6
3.	Folgen der Domestikation.....	11
4.	Domestikation, Hirngewicht & die allometrische Methode	15
5.	Allometrie.....	16
6.	Lage des Schweinegehirns	20
7.	Einteilung des Gehirns.....	20
8.	Einteilung des Cerebellums	24
9.	Lage des Cerebellums	25
10.	Veränderungen am Gehirn	27
11.	Zielsetzungen	29
IV.	MATERIAL & METHODEN.....	31
1.	Material	31
2.	Methoden.....	31
2.1.	Einfrieren des Materials	31
2.2.	Altersschätzung	32
2.3.	Voruntersuchungen zur Fixierung.....	32
2.4.	Anfertigung von Gefrierschnitten und Fixierung der Kopfhälften	33
2.5.	Vermessung der Gehirnhälften.....	33
2.6.	Gewichtsbestimmungen am Gehirn	35
2.7.	Latexausgüsse.....	37
2.8.	Tabellarische Auswertung.....	37
2.9.	Multifaktorielle Analyse	38

Inhaltsverzeichnis

2.10.	Graphische Darstellungen	39
V.	ERGEBNISSE	40
1.	Formalinfixierung	40
2.	Form und Lage des Cerebellums	40
3.	Latexausgüsse	48
4.	Hirngewicht im Geschlechtervergleich	49
5.	Gewichtvergleich von Haus- und Wildschweinen	50
6.	Statistische Beurteilung	52
7.	Graphischer Vergleich der Körper- und Hirngewichte von Haus- und Wildschweinen	54
VI.	DISKUSSION	63
1.	Umfang des Probenmaterials	63
2.	Begriff/Bezugspunkt „Hausschwein“	63
3.	Auswahl der Vermessungspunkte	64
4.	Vorüberlegungen zur statistischen Beurteilung	65
5.	Interspezifischer Vergleich.....	68
6.	Geschlechtervergleich	69
7.	Lage- und Formveränderungen des Cerebellums.....	70
8.	Mögliche Auswirkungen.....	70
VII.	ZUSAMMENFASSUNG	71
VIII.	SUMMARY.....	73
IX.	LITERATURVERZEICHNIS	75
X.	ABBILUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	88
XI.	ANHANG	92
XII.	DANKSAGUNG	106

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung/en	kg	Kilogramm
al.	alteri	KGW	Körpergewicht
alM.	allg. lineares Modell	Kleinh.	Kleinhirn
Bd.	Band	latein.	lateinisch
bzw.	beziehungsweise	lfd. Nr.	laufende Nummer
d.h.	das heißt	m	männlich
dom.	domestica	mm	Millimeter
Dr.	Doktor	Nr.	Nummer
e.V.	eingetragener Verein	o.g.	oben genannt/e/er
etc.	ecetera	Prof.	Professor/in
f.	forma	s.	siehe
ff.	fortfolgend/e/er	sog.	sogenannt/e/er
fortl.	fortlaufend/e/er	StAbwS	Standardabweichung
g	Gramm	Tab.	Tabelle
Gesamth.	Gesamthirn	v. Chr.	vor Christus
Geschl.	Geschlecht	v.a.	vor allem
griech.	griechisch	w	weiblich
Großh.	Großhirn	W	Wildschweingruppe
H	Hausschweingruppe	WS	Wildschwein
HGW	Hirngewicht	z.B.	zum Beispiel
HS	Hausschwein		
Jh.	Jahrhundert		

I. EINLEITUNG

Seit Jahrzehnten zielt die Zucht der Schweine auf einen hohen Fleischansatz und eine gute Fruchtbarkeit. Die Muskelmasse konnte enorm gesteigert werden. 1850 war ein Schwein mit zwei bis drei Jahren 70 kg schwer. Heute bringen Schweine mit sechs Monaten ca. 100 kg auf die Waage. In zahlreichen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass die inneren Organe dieser Entwicklung nicht standhalten konnten. Die Auswirkungen der Zucht auf das Gehirn des Schweins, als zentrales Steuerungsorgan, sind bisher nur spärlich untersucht. Das gilt v.a. für das *Cerebellum*.

Mittels morphologischer Beurteilungen, Vermessungen und Wägungen sollten die Gegebenheiten am Gehirn der heutigen Mastschweine untersucht werden. Beurteilt wurden die Größe, das Gesamtgewicht und die Relation von Groß- zu Kleinhirn, sowie Relationen zwischen Körpergewicht und Hirngewicht. Da der Schwerpunkt der Arbeit auf dem Kleinhirn liegt, wurden hier die Form und die Lage genauer untersucht. Neben den Gehirnen von Hausschweinen wurden Wildschweingehirne als Referenz in die Untersuchung mit einbezogen, um auch interspezifische Vergleiche anstellen zu können. Zudem wurde überprüft, ob die Gewichtsangaben des Gesamtgehirns in der zugänglichen Literatur, sowie einzelner Abschnitte dessen, für die heutigen Hausschweine noch zutreffend sind.

Die Ausgestaltung des Gehirns, sein Gewicht sowie die Platzverhältnisse lassen Rückschlüsse auf die Gesundheit der Mastschweine zu. Zuchtbedingte Reduktionen oder Fehlbildungen innerer Organe werfen tier-schutzrechtliche Fragen auf. Ziel der Arbeit ist es, objektive Daten zu gewinnen, die als Anhaltspunkt zur Beantwortung dieser Fragen herangezogen werden können.

II. DEFINITIONEN

In der vorliegenden Doktorarbeit werden zahlreiche Fachbegriffe verwendet, deren Geläufigkeit nicht vorausgesetzt werden kann. Deshalb werden die Wichtigsten von ihnen aufgeführt und ihre Bedeutung erklärt.

Allometrie

Von griech. allos = anders; metrie = messen

Die Allometrie bietet eine quantitative Möglichkeit das Verhältnis zwischen Körpergröße und einzelnen Körperteilen zu bestimmen. Das Größenverhältnis eines Körperteils zweier Tiere unterschiedlicher Größe, innerhalb eines Verwandtschaftskreises, weist dabei andere Proportionen auf, als das Verhältnis der Körpergrößen zueinander (Spektrum, 2000b).

Cephalisation

Von griech. kephale = Kopf; Kopfbildung

Die Cephalisation ist die Folge phylogenetischer Prozesse zur Spezialisierung auf die präferierte Fortbewegungsrichtung. Stoffel (Stoffel, 2011) bezeichnet die Cephalisation als Tendenz Anteile des zentralen Nervensystems im Kopfbereich zu platzieren. Morphologisch ist der Kopf vom restlichen Körper abgrenzbar. Externe Reize, wie Licht, Nahrung etc., sollen hier schnell verarbeitet werden können. Die Sinneseindrücke werden am vorderen Ende des Tieres konzentriert, wodurch es zur Cerebralisation kommt (Spektrum, 2000c).

Der Grad der Cephalisation wird durch den Größenvergleich der Gesamthirne bestimmt (Starck, 1962). Die Cephalisation entspricht der Cerebralisation (Kruska, 1970a).

Cerebralisation

Von latein. cerebrum = Gehirn; Gehirnbildung

Die Cerebralisation ist die Konzentration von Neuronen für die Sinneswahrnehmungen im Kopf. Sie beschreibt die Differenzierungshöhe der verschiedenen Spezies und bedient sich dabei des Encephalisations-

quotienten. Dieser wiederum benennt die Relation zwischen Hirngewichten zweier gleichschwerer Arten zum Körpergewicht. Es sind also eine Spezies A und eine Referenzspezies B nötig. Ist das Verhältnis von Hirn- zu Körpergewicht von A genauso groß wie das der Spezies B, spricht man von einem Encephalisationsquotienten von 1 (Portmann, 1983). Die Bedeutung der Cerebralisation liegt letztlich darin, dass sie zusammen mit der Körpergröße, die Größe des Gehirns bestimmt. Durch eine von Snell (Snell, 1892) entwickelte Formel können diese Relationen dargestellt werden. Die Formel lautet $H = c \cdot K^r$, wobei H für das Hirngewicht, K für das Körpergewicht und r für den somatischen Exponent steht, also für die Abhängigkeit der Hirngröße von der Körpergröße und c für weitere Faktoren, die das Hirngewicht beeinflussen (Spektrum, 2000a). Die Cerebralisation ist demnach kein fester Wert, da sich das Volumen und der Entfaltungsgrad des Gehirns im Laufe der Evolution ändern.

Telencephalisation

Der Grad der Telencephalisation wird durch den Größenvergleich der Endhirne (Telencephali) bestimmt (Starck, 1962).

III. LITERATURÜBERSICHT

1. Taxonomie

Bevor auf die einzelnen Gesichtspunkte der Untersuchungen am Gehirn des Schweins eingegangen wird, soll zunächst die taxonomische Stellung des Haus- und Wildschweins aufgezeigt werden.

Ordnung: *Artiodactyla* – Paarhufer

Unterordnung: *Suina* – Schweineartige

Familie: *Suidae* – Echte Schweine

Gattung: *Sus* – Schwein

Art: *Sus scrofa* – Wildschwein

Unterart: *Sus scrofa domestica* – Hausschwein

(Groves and Grubb, 2011)

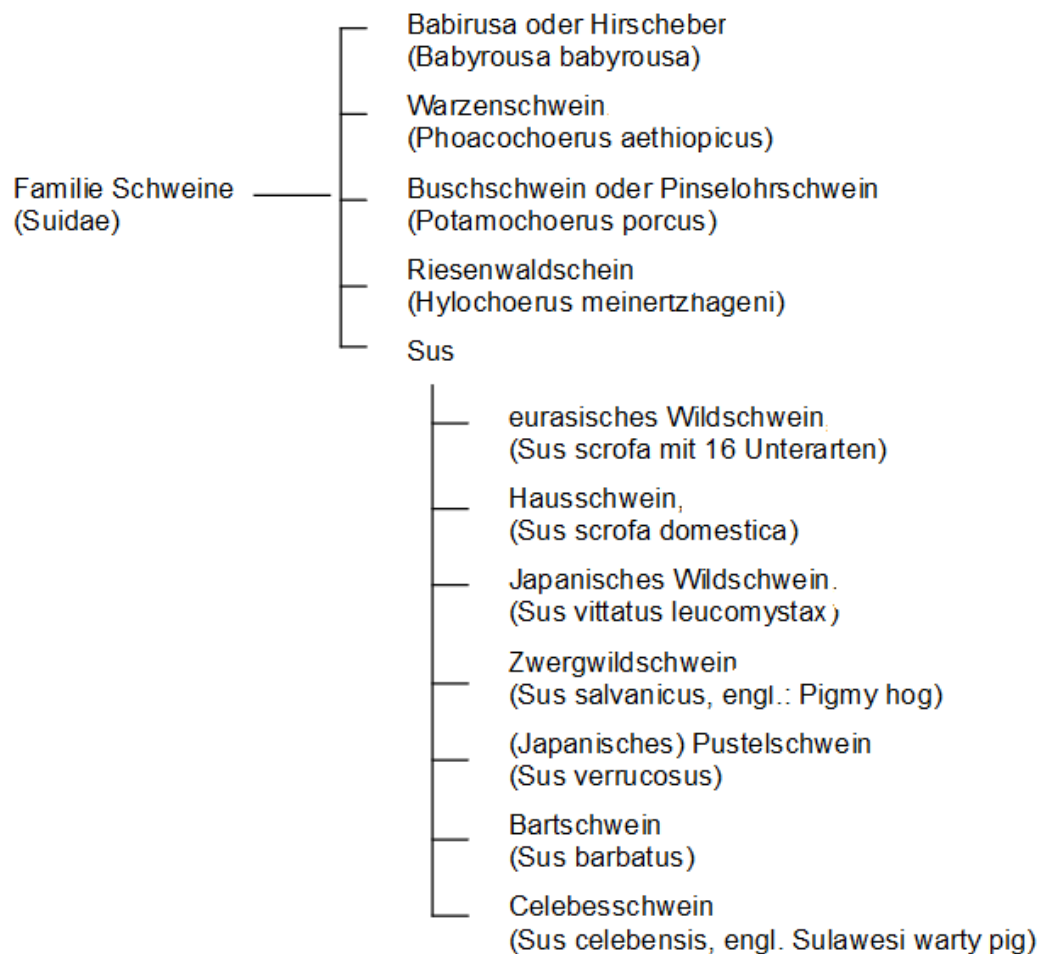


Abb. 1: Taxonomie der Schweine (Chowdhary, 1998)

Das Exterieur des Hausschweins weist folgende Merkmale auf (Busch, 2006):

- lange Körper,
- gerade Rückenlinie,
- starke Bemuskelung und
- wenig Behaarung.

Die Hausschweine in Deutschland stammen vom Wildschwein, *Sus scrofa*, ab (Benecke, 1994; Linnaei, 1758). Beim Wildschwein werden in Eurasien, je nach Autor, 32 bzw. 36 Unterarten unterschieden (Benecke, 1994; Krautfrost, 1975). Das Verbreitungsgebiet des Wildschweins erstreckt sich von der Iberischen Halbinsel bis nach Südostasien, was die Artenvielfalt erklärt.

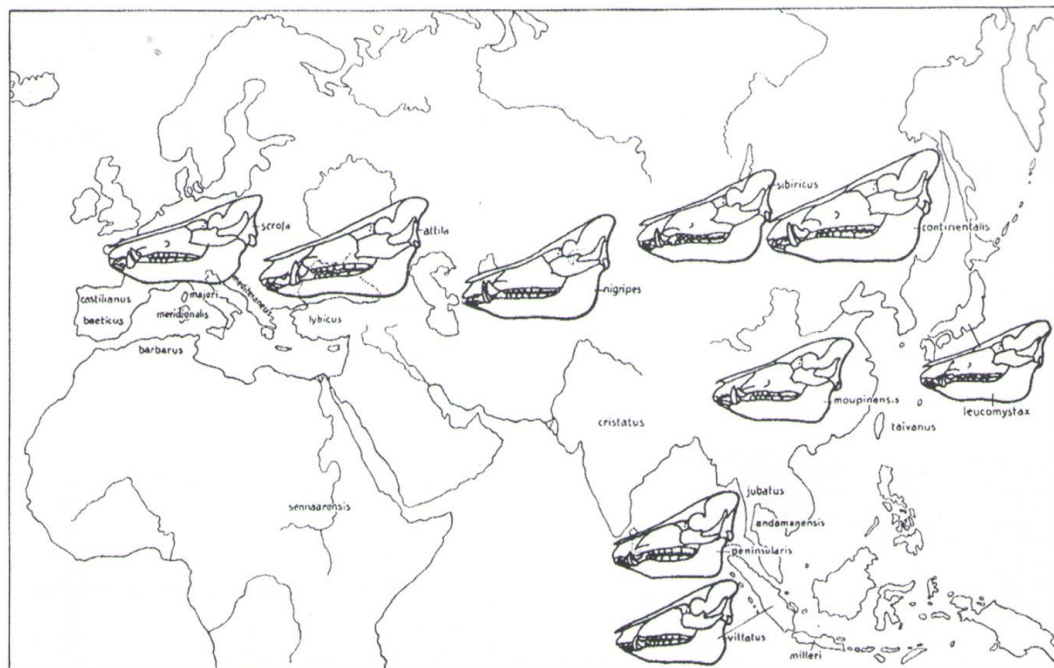


Abb. 2: Verbreitungsgebiet des Wildschweins nach Kelm (Kelm, 1939).

Das Exterieur des europäischen Wildschweins weist folgende Merkmale auf (Falkenberg and Hammer, 2006a):

- keilförmiger Kopf,
- flachrippig,
- langbeinig,
- wenig Muskulatur und
- eine karpfenförmige Rückenlinie.

2. Geschichte des Hausschweins, Domestikation und Zucht

Die Domestikation des Wildschweins begann ca. 8500 - 8000 v. Chr (von den Driesch and Peters, 2003). Die ersten Domestikationszentren lagen in Vorderasien, Südostasien, Südwestasien, China und Südschweden (Falkenberg and Hammer, 2006a). Boessneck (Boessneck, 1985) setzt in der zeitlichen Domestikationsreihenfolge den Vorderen Orient und Thessalien vor Ostasien. Domestizierte Schweine wurden über Ägypten, Indien und Südeuropa verbreitet und kamen später auch nach Amerika und Australien. Durch die Kreuzung mit Wildtieren entstanden im Laufe der Zeit zahlreiche Rassen (Falkenberg and Hammer, 2006a). Weltweit werden, je nach Autor, ca. 350 bzw. 730 unterschieden (Hammond and Leitch, 1998; Jaritz et al., 2010). Die ersten Nachweise zur Schweinehaltung, durch vergleichend-anatomische Untersuchungen stammen aus der Südosttürkei (Lawrence, 1980). Neben der Haltung als Fleisch- und Fettproduzenten wurden die Schweine auch eingesetzt um Saatgut in die Böden zu treten oder zum Dreschen von Getreide. So wird es laut Falkenberg (Falkenberg and Hammer, 2006a) von Herodot 450 v. Chr. im Buch 2 der „Bücher zur Geschichte“ berichtet. Als Haltungsformen der ersten Hausschweine werden sowohl die Weidehaltung, als auch die Stallhaltung und Haltung in Gehegen genannt (Falkenberg and Hammer, 2006a).

In Mitteleuropa datieren die ersten Bauernkulturen um 5500 v. Chr. Mit diesem Berufszweig begann auch hier die Schweinehaltung. Nach Süd-

und Südwestdeutschland kamen die ersten Hausschweine um 4000 v. Chr (Falkenberg and Hammer, 2006a). Nach den anfänglichen Erfolgen in der Schweinezucht, ging, bedingt durch Kriege im Römischen Reich, das Wissen um die Schweinehaltung wieder verloren. Es wurde auf sog. Primitivrassen zurückgegriffen. Im Mittelalter herrscht die Zeit der wenig bemuskelten, keilköpfigen, spätreifen Rassen (Krautfrost, 1975).

Der Anstieg der Bevölkerungszahlen zog eine Forcierung der Schweinehaltung nach sich. Auch von geistlicher und aristokratischer Seite stieg der Anspruch und führte damit zu einer umfassenden Schweinezucht und -haltung (Benecke, 1994). Die Fütterung wurde durch Umtriebe in Wälder und auf Äcker bewerkstelligt, ebenso wie durch die Verfütterung von Abfällen aus Mühlen, Brauereien, Gastwirtschaften, der Butterherstellung (Behre, 1995; Forster, 1979) oder, wie in den Städten, in denen die Schweine frei herumliefen und nach Essbarem suchten (Metzner, 1996). Die damals gehaltenen Schweine, spätreife Rassen, wurden mit zwei bis drei Jahren geschlechtsreif und brachten pro Jahr bis zu zwei Würfe mit 5 - 12 Ferkeln zur Welt. Das Schlachtgewicht der Tiere lag bei 35 bis 40 kg (Benecke, 1994). 60% der Tiere wurden bereits im Alter von einem Jahr geschlachtet. Neben dem Fleisch und dem Speck wurden auch die Schwarten, Knochen und Borsten verwertet (Doll, 2003; Krautfrost, 1975).

Im Spätmittelalter, gegen 1700, gewann die wirtschaftliche Seite der Schweinehaltung an Bedeutung. Hochberg, ein Ökonom, gab 1682 einen Ratgeber heraus, indem er die selektive Verwendung bestimmter Schweine für bestimmte Zwecke herausstellte (Anonym, 1932; Falkenberg and Hammer, 2006b). Er empfahl schwarze Schweine für Dauerwaren und körnigen Speck; weiße Schweine als Spanferkel, für die Mast und für Fleisch zum Braten und gescheckte Schweine für die Weiterzucht. Ein Eber sollte farblich auf die Muttersau abgestimmt werden. Pro Sau sollten nicht mehr als zehn Ferkel aufgezogen werden, unabhängig von der Anzahl der geworfenen Ferkel. Auch auf eine ausreichende Futtergabe sei zu achten. Sauen mit Nachwuchs galt es in Ställen zu halten. Für Mastschweine wurde die Weidehaltung empfohlen. In kälteren Regionen wurde neben der Weidehaltung, die Stallhaltung für

alle Schweine eingeführt (Behre, 1995). Letztlich erbrachten Schweine mit großem Speckanteil höhere Gewinne, als magere Tiere (Doll, 2003).

Die steigende wirtschaftliche Bedeutung und damit das Interesse an einer guten Schweinehaltung führte dazu, dass das Ansehen und auch die Bezahlung der Schweinehirten stieg (Eckard, 1934). Das Ansehen eines Schweinehirtens lag höher als das eines Ochsenhirten oder Pferdegestütvorstehers (Epperlein, 2003). Mit dem hohen Ansehen stiegen aber auch die Anforderungen an die Hüter. Sie durften sich nie ausruhen oder gar hinlegen. Auch die Schweine mussten ständig in Bewegung gehalten werden, damit sie sich auf der einen Seite nicht suhlten und zum anderen stets neues Futter fanden und damit an Gewicht zunahmen (Eckard, 1934). Manch ein Grundbesitzer verdiente indirekt an den Schweinen, indem er eine Abgabe für jedes Schwein verlangte, dass sich auf seinen Gründen aufhielt. Auch wurden die Schweine fortan markiert, um einen Diebstahl der ausgetriebenen Tiere zu verhindern. Dies geschah durch Brandzeichen, die im Bereich der Hinterbacken anzubringen waren (Epperlein, 2003). Wer sich keine Schweinehirten leisten konnte, band die Schweine an den Hinterfüßen fest. Beliebt waren in diesem Zusammenhang auch Brust- und Bauchgurte. Um den Hals gebundene, dreieckige Holzkonstruktionen dienten ebenfalls dazu den Bewegungsdrang zu reduzieren. Um ein übermäßiges Wühlen der Schweine zu verhindern, wurde ihnen ein Eisenring oder ein Draht durch den Rüssel gebohrt (Beinlich et al., 2005).

Das hohe Ansehen der Schweine im Mittelalter zeigt sich auf verschiedensten Gebieten, der Namensgebung von Ortschaften, Regionen oder auch Flüssen. Schweinfurth, Sauberg, Saualpen oder Eberbach seien hier stellvertretend genannt (Metzner, 1996). Die Wissenschaft entdeckte die Schweine, als dem Menschen gleiche Lebewesen. Schweine wurden zum Studium von Organfunktionen herangezogen, Schweineblut wurde als Ersatz für Menschenblut verabreicht, da man ihm eine heilende Wirkung zusprach. In der technischen Welt wurden Schweineborsten für den Antrieb von Uhren verwendet (Hoffmann, 1981). Auch im Sprachgebrauch fand das Schwein Einzug. „Schwein haben“ ist ein Ausspruch aus dem Mittelalter, der bis heute,

wenn auch im umgekehrten Sinn, Verwendung findet (Schirmer, 1955). Auch der negative Begriff der „Judensau“, der in der Zeit des Nationalsozialismus viel verwendet wurde, leitet sich vom Schwein ab, da das Schwein bereits im Mittelalter zum Symbol des Antisemitismus wurde (Schuder and Hirsch, 1989).

Durch Forstgesetze wurde schließlich die Waldweide verboten (Konold, 2008). Staatliche Erlasse von 1765 und ein verbessertes Wissen über die Schweinezucht griffen in die Schweinehaltung ein (Falkenberg and Hammer, 2007). Es wurden ausländische, z.B. chinesische Rassen, eingekreuzt.

Der hohe Stellenwert, den das Schwein im mittelalterlichen Deutschland einnahm ging um 1700 verloren. Andere Tiere, wie das Pferd, Schaf und das Rind liefen dem Schwein den Rang ab (Falkenberg and Hammer, 2007).

In der ersten Hälfte des 19. Jh. erfuhr die Schweinezucht einen erneuten Aufschwung. Im Vordergrund standen abermals rein wirtschaftliche Belange. Lange, tiefleibige Schweine wurden für die Mast selektiert, wurfstarke Tiere für die Zucht (Voigt, 1835). Das Ziel war es, durch gute Pflege und Ernährung Schweine zu produzieren, die mit einem Jahr bis zu 100 kg Körpergewicht erreichten (Kirchhof, 1835). Sorgsam ausgemästete Schweine brachten ein Lebendgewicht von 400 kg auf die Waage. Der Speckanteil, auf den sehr großen Wert gelegt wurde, betrug bei diesen Schweinen 125 kg (Voigt, 1835). Die Paarungszeit wurde auf acht bis zehn Monate runtergesetzt. Es galt pro Jahr zwei Würfe zu erzielen. Die Weidehaltung wurde weitestgehend abgeschafft, was das Ende der Schweinehirten bedeutete (Bentzien, 1983).

Die zweite Hälfte des 19. Jh. war geprägt durch einen Anstieg des Fleischverzehrs. Der Pro-Kopf-Verbrauch stieg bis 1873 auf 29 kg, 1907 waren es 47 kg (Haring, 1958). Auch die Anzahl der in Deutschland gehaltenen Schweine, stieg stetig. Während 1816 3,6 Millionen Tiere in Deutschland lebten, waren es 1873 7,1 Millionen und 1914 20 Millionen (Haring, 1958). Die Erfolge der Zucht und die verbesserte Haltung und Fütterung lassen sich anhand eines Vergleichs ablesen. 1800 waren Mastschweine nach zwei bis drei Jahren 40 kg schwer, 1850 lag das

Gewicht bei gleicher Lebenszeit bei durchschnittlich 70 kg und 1900 wog ein 11 Monate altes Schwein ca. 100 kg (Beinlich et al., 2005; Zorn, 1954). Diese Erfolge waren auch der vermehrten Einkreuzung von englischen Rassen zu verdanken.

Um gerichtete Bahnen zu erzielen, wurden Züchtervereinigungen gebildet, außerdem fand ein Austausch von Zuchtmaterial statt. Eberkörnungen und die Einführung eines Schweineherdbuchs ergänzten die Maßnahmen. Ab 1886 führte die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) die erste Wanderausstellung durch (Haring, 1958). Letztlich setzten sich in Deutschland um die Jahrhundertwende folgende Schweinerassen durch (Falkenberg and Hammer, 2007): Deutsches Edelschwein, Deutsches veredeltes Landschwein, Schwäbisch-Hällisches Schwein, Hannover-braunschweigisches Landschwein, Angler Sattelschwein, Halbrotes bayrisches Landschwein, Berkshireschwein und das Cornwallschwein.

Die Einführung von großen Schlacht- und Kühlhäusern brachte abermals eine Weiterentwicklung der Schweinezucht mit sich. Verbesserte Kenntnisse, gewonnen in Dänemark, wurden übernommen (Falkenberg and Hammer, 2007). Der überwiegende Teil, der in Deutschland gehaltenen Schweine, waren Mehrzweckschweine. Rückschläge in der Schweinezucht bzw. Stagnationen brachten die beiden Weltkriege mit sich.

Eine Änderung der Verbraucherwünsche stellte sich 1970/80 ein. Die Nachfrage weg vom fettigen Essen, hin zu hohen Fleischanteilen wuchs. Abermals wurde durch züchterischen Eingriff versucht, diesem Wunsch gerecht zu werden. Die Einkreuzung des Piétrain-Schweins wurde forciert. Hohe Fleischanteile brachten den Nachteil einer gestiegenen Stressanfälligkeit mit sich (Kaufmann, 2016). Die derzeitige Zucht zielt auf schnellwüchsige, stressresistente, fruchtbare Schweine mit wenig Behaarung. Die wichtigsten heutigen Schweinerassen sind in Deutschland laut Brade und Flachowsky (Brade and Flachowsky, 2006):

Vaterrassen: Pietrain, Duroc, Hampshire

Mutterrassen: Deutsche Landrasse, Deutsches Edelschwein, Yorkshire, Leicoma, Angler Sattelschwein, Schwäbisch-Hällisches Schwein

3. Folgen der Domestikation

Die Domestikation, also die Umwandlung von einer Wild- in eine

Haustierform, ist nicht als plötzliches Ereignis zu verstehen, sondern ist vielmehr ein Prozess, der sich über einen langen Zeitraum erstreckt (Boessneck, 1985). Die Domestikation ist auch als Teil der Zucht anzusehen und wird durch diese fließend fortgeführt. Der Übergang von Wildschweinen zu Hausschweinen war innerhalb von 10 bis 20 Generationen vollzogen (Teichert, 1970). Die stattfindenden Veränderungen, die weiterhin im ständigen Fluss sind, betreffen sowohl die anatomischen, wie auch die physiologischen und die psychischen Merkmale (Boessneck, 1983).

Boessneck (Boessneck, 1985) sowie Herre und Röhrs (Herre and Röhrs, 2013) beschäftigten sich mit diesen Veränderungen und nennen Auswirkungen auf:

- die Körpergröße, die sich auch am Skelett zeigt,
- die Muskulatur,
- die Schädel- und damit die Kopfform,
- die letzten Molaren,
- das ganze Gebiss und damit die Beißkraft,
- die Borsten,
- die Hautpigmentierung,
- die Ausbildung der Organe und ihre Leistungsfähigkeit,
- die Abstimmung des Zusammenspiels einzelner Organe untereinander,
- die geistigen Fähigkeiten,
- das Sozialverhalten,
- die Lebensfähigkeit und
- die Lebenserwartung.

Boessneck (Boessneck, 1985) mahnt an, dass die Veränderungen mitunter vom Gesunden zum Krankhaften verlaufen. Dieser Wandel von einer natürlichen Selektion zu einer, durch Menschenhand, gesteuerten Auslese, bringt zahlreiche Probleme für die Tiergesundheit mit sich. Zu

den Veränderungen gehören beispielsweise (Benecke, 1994; Boessneck, 1983; Falkenberg and Hammer, 2006b; Hemmer, 1978; Herre and Röhrs, 2013; Kelm, 1938; Klatt, 1912; Krautfrost, 1975; Kruska, 1973a; Röhrs, 1971):

- Die Körpergröße der domestizierten Schweine ist zunächst kleiner, als die der Wildschweine (s. Abb. 3). Die Widerristhöhe der Schweine lag beispielsweise im 10. Jh. unter jener im 14. Jh.
- Ihr Exterieur wird über weite Bereiche der Domestikation als schlankwüchsig, hochbeinig und wenig bemuskelt beschrieben. Der Kopf hat eine keilförmige Grundform mit Stehohren. Die Behaarung ist dicht; die Tiere tragen einen deutlichen Borstenkamm.

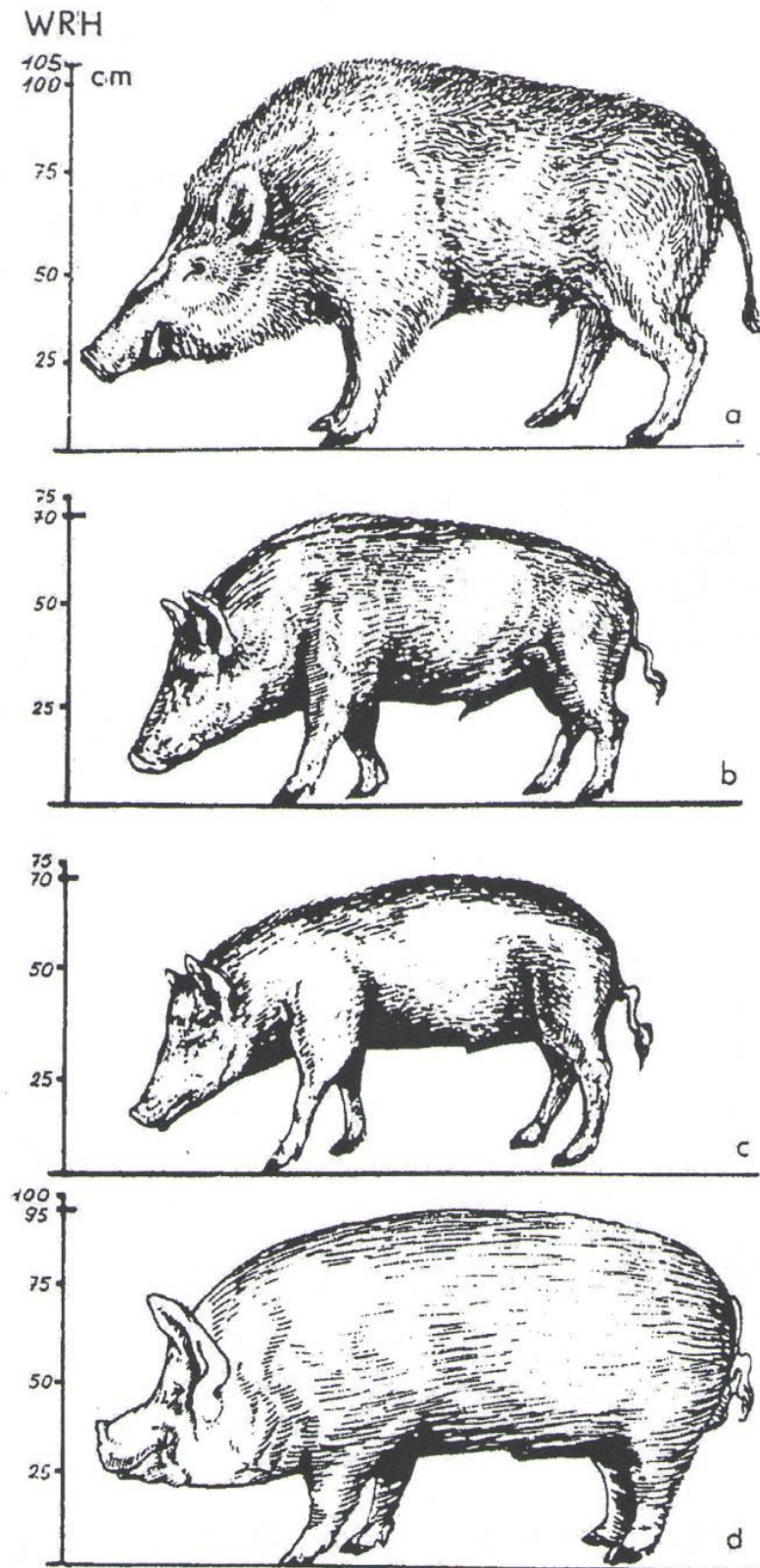


Abb. 3: Das Exterieur und die Widerristhöhe der Schweine vom Beginn der Domestikation bis zur Gegenwart (Teichert, 1970).

a= Wildschwein, b= Neolithisch-bronzezeitliches Hausschwein,
c= mittelalterliches Hausschwein, d= Hausschwein des 20. Jh.

- Der Gesichtsschädel wird beim Hausschwein kürzer und breiter. Die Längenabnahme vollzieht sich v.a. im Bereich des Gesichtsschädels. Die Veränderungen des Gesichtsschädels ziehen sekundär eine Veränderung des Gebisses nach sich. Die Tiere verlieren an Bisskraft.
- Es kommt zu einem interossären Umbau des Knochengewebes, der mit einer Abnahme des Feinbaus einhergeht. Dies wiederum führt zu einer bedarfsunabhängigen, gleichmäßigen Verteilung dichter Bereiche, während beim Wildschwein die Widerstandsmomente bedarfsgerecht auf bestimmte Abschnitte, in unterschiedlicher Ausprägung, verteilt sind.
- Hausschweine weisen ein Hirngewicht auf, das gegenüber den Wildformen, je nach Autor, um 24, 33 bzw. 34% reduziert ist.
- Die Leistungen der Sinnesorgane, wie Augen, Ohren und Nase reichen bei den Hausschweinen nicht an jene der Wildschweine heran.
- Innere Organe sind bei den Hausschweinen kleiner, als bei der Wildform.
- Der Anteil an Fettgewebe war zeitweise beim Hausschwein sehr hoch, da die Domestikation zunächst auf Speckschweine abzielte.
- Die Haut der Hausschweine lässt sich leichter vom Körper abziehen. Sie ist weniger fest mit dem Körper verbunden, was zu Faltenbildungen führt.
- Das Haarkleid, das beim Wildschwein in seiner Anordnung das Regenwasser ableitet, erfährt eine Umgestaltung. Es bilden sich Unregelmäßigkeiten und Wirbel, da es zu einer Störung der Einpflanzung der Haarfollikel kommt, was wiederum funktionelle Auswirkungen hat. Die Reduzierung der Haare, ihrer Länge und Gestalt reduzieren den Schutz der Haut gegenüber Witterungseinflüssen und Sonnenstrahlen.

- Es kommt zur Akzeleration, d.h. zu einem Missverhältnis zwischen Geschlechtsreife und Abschluss des Wachstums. Die Anzahl der Wurfgeschwister steigt. Hausschweine zeigen eine bessere Fruchtbarkeit als Wildschweine.
- Hausschweine sind weniger aggressiv als ihre Wildform, zeigen reduzierte Leistungen im Verhalten.

Konold (Konold, 2008) sieht das Schwein als einen Teil unserer Kulturgeschichte und fordert: „Wir Menschen haben Wildtiere durch Züchtung untüchtig für die freie Wildbahn gemacht. Der Umgang mit ihnen muss deshalb bioethischen Grundsätzen folgen. Die Tiergesundheit muss einen hohen Rang haben“.

4. Domestikation, Hirngewicht & die allometrische Methode

Die Domestikation bedeutet für die Tiere eine Änderung im Bezug auf Ernährung, Fortpflanzung, Sozialstruktur und Umwelt. Die Zuchtziele beim Schwein konzentrieren sich vornehmlich auf eine Zunahme des Fleischanteils, auf einen schnellen Fleischansatz und eine hohe Reproduktionsrate.

Die Auswirkungen dieser Zucht zeigen sich u.a. an den Gehirnen. Zahlreiche Wissenschaftler haben sich mit diesem Thema beschäftigt. So weist bereits Darwin (Darwin, 1868) auf Veränderungen des Schweinegehirns hin. Kruska (Kruska, 1980) untersuchte quantitativ allometrisch, welche Hirnteile beim Hausschwein, *Sus scrofa* f. dom., Taxonomie nach Bohlken (Bohlken, 1961), von den Veränderungen betroffen sind. Grundlage seiner Untersuchungen war die Annahme, dass eine Selektion auf lenkbare, ruhige Individuen, die mit einem kleinen Lebensraum auskommen müssen, sich in einer Reduzierung der Fähigkeiten einzelner Gehirnabschnitte niederschlägt (Kruska, 1973a). Hierdurch versuchte er nachzuweisen, dass nicht die Körpergröße die Hirngröße bestimmt. Forschungen in dieser Richtung stammen auch von Röhrs (Röhrs, 1966, 1971). Letztlich konnte nachgewiesen werden, dass das Gesamtgehirn

eine Reduktion um 33,6% erfahren hat. Die stärkste Abnahme ist bei besonders progressiven Hirnteilen zu verzeichnen. So reduzierte sich das Endhirn um 37,4%, wobei 32% für den Allocortex und 38,5% für den Neocortex genannt werden. Auch Sinneszentren und damit optische Strukturen, wie der *Tractus opticus*, das *Corpus geniculatum laterale*, die *Area striata* und die *Colliculi superiores* haben beim Hausschwein eine Reduzierung um 41% erfahren (Kruska, 1970b, 1972, 1973a, 1973b; Röhrs, 1971). Diese Ergebnisse werden durch die Aussagen von Herre (Herre, 1952) gestützt, der eine Abnahme an endogenen Antriebs- und Aktivierungsfunktionen, sowie eine Reduktion des Aggressionspotentials beim domestizierten Schwein beobachten konnte.

Studien zu diesem Thema, mit ähnlichen Ergebnissen, wurden auch für andere Haustiere angestellt. Beispielhaft seien hier die Ergebnisse von Klatt und Röhrs genannt (Klatt, 1921; Röhrs, 1971). Klatt spezifiziert seine Aussagen, indem er schreibt, dass die domestikationsbedingten Veränderungen zunächst das Gesamthirn und dann einzelne Gehirnabschnitte betreffen. Als Ursachen für die Umwandlungen sieht Röhrs (Röhrs, 1971) neben genetischen Faktoren auch eine Modifikation und beschreibt das Phänomen, dass sich das Hirngewicht von Haustieren, die ausgewildert wurden, nicht wieder dem Hirngewicht der Wildtiere näherte. Weitere Ergebnisse stammen von Frick und Nord sowie Rawiel (Frick and Nord, 1963; Rawiel, 1940, 1941). Sie alle stellten eine negative Auswirkung des Domestikationsgrades auf das Gehirn fest.

5. Allometrie

Den Begriff „Allometrie“ führte Huxley ein (Huxley, 1932). Die Allometrie ist eine Methode, mit der Wachstums-, Proportions-, und Gewichtsverhältnisse berechnet werden können. Verglichen werden Organe oder Organteile mit dem Gesamtorganismus, auch Vergleiche von Zellteilen und ganzen Zellen sind möglich (Linzbach, 1955).

Laut Lüps (Lüps, 2010), bezeichnet von Haller (Haller, 1762) schon Mitte des 18. Jahrhunderts das Organwachstum mit dem Ausdruck

„incrementum inaequale“, das Wachstum des gesamten Organismus als „incrementum universale“. Er untersuchte v.a. die Relationen zwischen Hirngröße und Körpergröße, wobei er die Größe mit dem Gewicht gleichsetzte. Aus seinen Entdeckungen resultierte das „Haller’sche Gesetz“, welches besagt, dass große Tiere ein verhältnismäßig kleineres Gehirn besitzen, kleine Tiere ein verhältnismäßig größeres Gehirn. Cuvier (Cuvier, 1801) konnte diese Aussage später bestätigen. Snell (Snell, 1892) und Dubois (Dubois, 1897) befassten sich auf rechnerischer Ebene mit dem Thema. Eine allgemeingültige Formel für die Allometrie stellten Snell und Klatt auf (Klatt, 1913; Snell, 1892). In Form einer einfachen Gleichung lautet diese: $y = b \cdot x^a$; als Geradengleichung: $\log y = a \log x + \log b$. Hierbei steht y für die Teilgröße (z.B. Hirngröße); x für die Bezugsgröße (z.B. Körpergröße); b für alle Faktoren, die die Teilgröße beeinflussen, außer der Bezugsgröße selbst und a steht für den Anteil des Teils (Gehirn) an der Bezugsgröße (Körper) und beschreibt den Anstieg der Geraden (Spektrum, 2000b; Starck, 1978).

Kruska beschreibt die Formel etwas anders. a , der Allometrieexponent, steht für den Einfluss der Körpergröße auf die Hirngröße und b , die Integrationskonstante, für alle zusätzlichen Faktoren, die die Hirngröße bedingen (Kruska, 1973b). Mit dieser Formel sollen alle Faktoren berücksichtigt werden, die die Hirngröße beeinflussen. Als a -Wert wird 0,5 bis 0,6, meistens 0,56 gesetzt, so Kruska (Kruska, 1970a).

Huxley (Huxley, 1932) spricht von positiver Allometrie, wenn beispielsweise ein Organ schneller wächst als der Gesamtorganismus. Dies ist der Fall, wenn der Exponent $a > 1$ ist; von negativer Allometrie, wenn das Organ ein langsames Wachstum aufweist, also der Exponent $a < 1$ ist. Als Isometrie wird eine gleiche Wachstumsrate von Organ- und Gesamtorganismus bezeichnet, hierbei gilt $a = 1$. Needham (Needham, 1942) führt für diese Zustände die Begriffe Tachyauxesis, Bradyauxesis und Isoauxesis ein.

Als Beispiel für eine Allometrie Gerade, sei hier die Korrelation von Körpergröße und Körperoberfläche von Maus und Wal gezeigt.

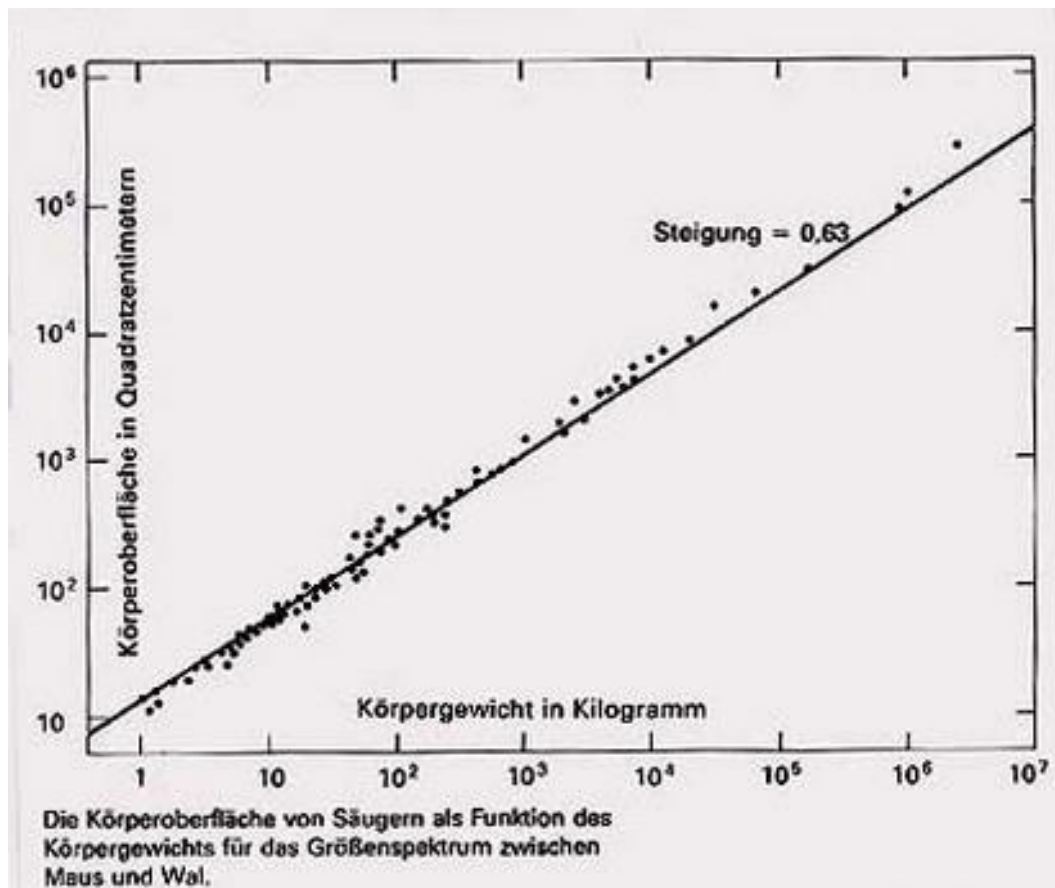


Abb. 4: Korrelation von Körpergewicht und Körperoberfläche bei Maus und Wal aus www.blick.it (www.blick.it, 2009).

Es werden vier Arten der Allometrie unterschieden:

- Ontogenetische Allometrie
Gemeint ist die Individualentwicklung von Organismen einer Art, in unterschiedlichem Alter. Die Bezeichnung stammt von Huxley und Reeve (Huxley, 1932; Reeve and Huxley, 1945).
- Phylogenetische Allometrie
Sie lässt einen Vergleich von adulten Organismen verschiedener Ordnung zu. Namensgeber sind auch hier Huxley und Reeve (Huxley, 1932; Reeve and Huxley, 1945).
- Intraspezifische Allometrie
Diese Variante der Allometrie wird für adulte Individuen innerhalb

einer Art angewandt. Der Begriff geht auf Rensch zurück (Rensch, 1947).

- Interspezifische Allometrie

Die Vergleiche finden zwischen adulten Individuen naher Verwandter, aber unterschiedlicher Art statt. Auch diese Bezeichnung stammt von Rensch (Rensch, 1947).

Zur Beurteilung des Gehirns werden verschiedene Größen herangezogen. Neben dem Gesamtgewicht des Gehirns, spielen einzelne Abschnitte sowie Relationen der verschiedenen Hirnabschnitte zueinander eine wichtige Rolle. Auch die Beziehungen zwischen Hirn- und Körpergewicht sind zu beachten.

Für Analysen über die Gehirnentwicklung müssen Alter, Geschlecht und Körpergröße in die Berechnungen mit einbezogen werden, so Frei et al. (Frei et al., 1928). Snell (Snell, 1892), Lapique (Lapique, 1898) und Dubois (Dubois, 1897) fügen den zu errechnenden Faktor des Cephalisationsniveaus hinzu. Lapique (Lapique, 1898) definiert zusätzlich die Beziehung zwischen Körpergewicht und Intelligenz.

Weitere Forschungen bezüglich der Proportionen und Verhältnisse von Organ- zu Körpergewichten, wurden u.a. von Rensch (Rensch, 1948), Kurtén (Kurtén, 1954), Frick (Frick, 1957), Röhrs (Röhrs, 1959), Herre und Thiede (Herre and Thiede, 1965), Sigmund (Sigmund, 1968) und Weidemann (Weidemann, 1970) angestellt.

Böhme (Böhme, 2004) gibt Werte von Körpergewicht, absolutem Hirngewicht und relativem Hirngewicht an, wobei das relative Hirngewicht als $\text{Hirngewicht} : \text{Körpergewicht}$ und als Hirngewicht in % des Körpergewichts ausgedrückt wurde. Seine Angaben beziehen sich auf zwei Gewichtsklassen von Hausschweinen. Hausschweine mit 60 - 96 kg KGW, denen ein absolutes Hirngewicht von 96 - 145 g eigen ist, wird das Verhältnis von Hirngewicht zu Körpergewicht von 1: 630 - 660 zugeordnet. Als prozentualer Anteil des Hirngewichts vom Körpergewicht werden 0,15 - 0,16% berechnet. Für Hausschweine mit einem Gewicht von 126 - 209 kg Körpergewicht und einem absoluten Hirngewicht von 105 - 110 g, werden die Werte 1: 1200 - 1900 und 0,05 - 0,08% beschrieben.

6. Lage des Schweinegehirns

Das Gehirn liegt, von den *Meninges* (Hirnhäuten) umhüllt, im *Cavum cranii* (Schädelhöhle), der *Basis cranii* (Schädelbasis) auf. Die Schädelbasis wird durch die *Ossa sphenoidale* und *occipitale* knöchern gestützt (Berg, 1992; Liebich and König, 2012; Salomon, 2015; Zietschmann, 1985). Das *Cavum cranii* wird von den *Ossa parietale*, *interparietale*, *frontale*, *sphenoidale*, *temporale*, *occipitale* und *ethmoidale* begrenzt und durch die *Eminentia cruciformis* (kreuzförmiges Relief) und dem daraus entspringendem *Tentorium cerebelli membranaceum* (häutiges Hirnzelt) zweigeteilt.

Böhme (Böhme, 2004) nennt folgende Lagebeschreibung der einzelnen Gehirnabschnitte: im rostralen Abschnitt des *Cavum cranii* befinden sich das *Cerebrum* und die vorderen Anteile des Hirnstamms. Im kaudalen Anteil ist das Rhombencephalon zu finden. Nach außen schließt sich die *Testa tectum* (Schädeldecke) mit ihren *Sinus* (Nebenhöhlen) an. Die Fortführung des Hirnstamms, die *Medulla oblongata* (verlängertes Rückenmark) zieht durch das *Foramen magnum* (große Loch) in den *Canalis spinalis* (Rückenmarkskanal). Hierbei liegt es zunächst gerade gestreckt, bis es in dorsokonvexer Richtungsänderung in die *Medulla spinalis* (Rückenmark) durch das *Spatium atlantooccipitale* (atlanto-okzipitaler Zwischenraum) zieht.

7. Einteilung des Gehirns

Das Gehirn wird in der Literatur unter verschiedenen Gesichtspunkten gegliedert. Exemplarisch werden nachfolgend einige Einteilungen dargestellt. Böhme (Böhme, 2004) teilt es aufgrund der Ontogenese und Phylogenese in fünf Abschnitte: *Telencephalon* (Endhirn), *Diencephalon* (Zwischenhirn), *Mesencephalon* (Mittelhirn), *Metencephalon* (Hinterhirn) und *Myelencephalon* (Nachhirn). Des Weiteren gibt es eine Unterteilung, die sich am „3-Blasen-Stadium“ orientiert. Hier erfolgt die Einteilung in *Prosencephalon* (Vorderhirn), *Mesencephalon* und *Rhombencephalon* (Rautenhirn) (Sinowatz, 2010). Eine weitere Möglichkeit der Einteilung erfolgt in *Cerebrum* (Großhirn), *Cerebellum* (Kleinhirn) und *Truncus*

encephali (Hirnstamm) und geschieht ohne Berücksichtigung der Entwicklung (Wiesner and Ribbeck, 2000). Der Hirnstamm wiederum ist definiert als das Gehirn unter Abzug von *Pallium/Cortex cerebri* (Großhirnmantel/Großhirnrinde) und dem *Cerebellum* (Böhme, 2004).

Salomon et al. (Salomon, 2015) teilen das Gehirn in drei Hauptabschnitte: *Prosencephalon* (Vorderhirn) mit seinen Unterabteilungen *Telencephalon* und *Diencephalon*, *Mesencephalon* und *Rhombencephalon* mit den dazugehörigen Unterabteilungen *Metencephalon* und *Myelencephalon*. Dem *Telencephalon* werden als Hauptbestandteile der *Cortex cerebri* (Großhirnrinde), subkortikale Kern und das limbische System, dem *Diencephalon* der *Thalamus* (Sehhügel), *Epithalamus*, *Hypothalamus* und die *Hypophyse* (Hirnanhangdrüse), dem *Mesencephalon* die *Pedunculi cerebri* und das *Tectum mesencephali* (Mittelhirndach), dem *Metencephalon* der *Pons* (Brücke) und das *Cerebellum* und dem *Myelencephalon* die *Medulla oblongata* zugeordnet. Der *Pons* verbindet über seine Fasern die beiden Hemisphären des Cerebellums miteinander (Baer, 1964). Der Hirnstamm wird in rostrokaudaler Richtung in die Abschnitte Basalganglien, *Diencephalon*, *Mesencephalon*, *Pons* und *Medulla oblongata* unterteilt.

Auch Dyce et al. (Dyce et al., 2010) schließen sich weitestgehend der von Salomon et al. getroffenen Gliederung an. Es wird als weiteres Hauptderivat das *Tegmentum mesencephali* (Mittelhirnhaube) hinzugefügt, die *Hypophyse* bleibt ungenannt.

Eine andere Darstellungsweise wählt Starck (Starck, 1982) Er spricht von einem dorsalen und einem basalen Bereich und gliedert in Primär- und Sekundärgebiete, wobei Letztere die Peripherie nur über die Primärzentren *Medulla spinalis*, *Rhombencephalon* und *Prosencephalon* erreichen. Dazu zählt er das *Cerebellum*, *Tectum* und *Pallium*, welche auch als Assoziationsgebiete bezeichnet werden.

Schwarze et al. (Schwarze and Schröder, 1965) unterteilen das Gehirn in *Cerebrum* und *Rhombencephalon*. Das *Cerebrum* seinerseits gliedert sich in *Prosencephalon*, bestehend aus *Diencephalon* und *Telencephalon*, sowie *Mesencephalon*. Das *Telencephalon* inkludiert dabei das *Pallium*, das *Rhinencephalon* und das *Corpus striatum*, das *Diencephalon* das

Tegmen ventriculi III, die *Epiphysis cerebri*, die *Thalami optici* und den *Tuber cinereum* (grauer Höcker). Das *Mesencephalon* umfasst die *Corpora quadrigemina* und die *Pedunculi cerebri*. Zum *Rhombencephalon* werden das *Metencephalon* und das *Myelencephalon* gerechnet. Das *Metencephalon* besteht aus dem *Cerebellum* und dem *Velum medullare nasale* und das *Myelencephalon* aus den *Brachia cerebelli* (Kleinhirnarne), dem *Pons*, der *Tegmen ventriculi IV* und der *Medulla oblongata* (Schwarze and Schröder, 1965).

Die Abschnitte des Gehirns			
Hauptabschnitte	Unterabteilungen	Hauptbestandteile	Hohlräume
► Prosencephalon (Vorderhirn)	► Telencephalon (Endhirn o. Cerebrum)	► Großhirnrinde ► subkortikale Kerne ► limbisches System	Seitenventrikel
	► Diencephalon (Zwischenhirn)	► Epithalamus ► Thalamus ► Hypothalamus ► Hypophyse	3. Ventrikel
► Mesencephalon (Mittelhirn)		► Pedunculi cerebri ► Tectum mesencephali	Aqueductus mesencephali
► Rhombencephalon (Rautenhirn)	► Metencephalon (Hinterhirn)	► Pons ► Cerebellum	4. Ventrikel
	► Myelencephalon (Nachhirn)	► Medulla oblongata	4. Ventrikel

Abb. 5: Die Abschnitte des Gehirns (Salomon, 2015).

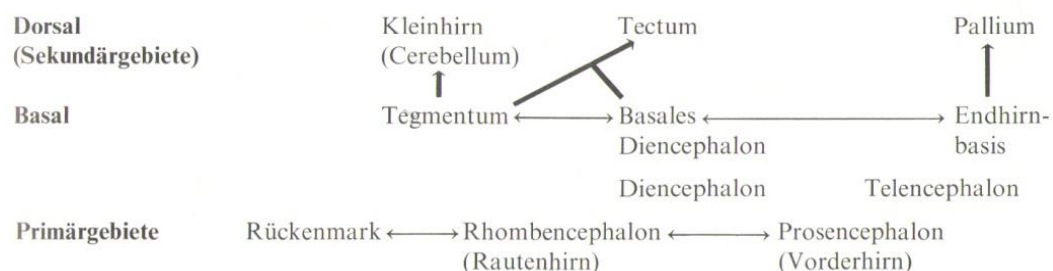


Abb. 6: Einteilung des Gehirns (Starck, 1982).

Schwarze und Schröder (Schwarze and Schröder, 1965) teilen das Gehirn wie folgt ein:

Encephalon, Gehirn

Cerebrum, Großhirn

Prosencephalon, Vorderhirn

Telencephalon, Endhirn

= *Hemisphaerium*

dorsal und seitlich: *Pallium*,

ventral: *Rhinencephalon*,

Corpus striatum.

Diencephalon, Zwischenhirn

dorsal: *Tegmen ventriculi III*

und *Epiphysis cerebri*.

lateral: *Thalami optici*,

ventral: *Tuber cinereum* mit

Hypophysis cerebri,

Corpus mamillare,

Tractus opticus und

Chiasma opticum.

Mesencephalon, Mittelhirn

dorsal: *Corpora quadrigemina*,

ventral: *Pedunculi cerebri*.

Rhombencephalon, Rautenhirn

Metencephalon, Hinterhirn

dorsal: *Cerebellum* und *Velum*

medullare nasale,

lateral: *Brachia cerebelli*,

ventral: *Pons*.

Myelencephalon, Nachhirn

dorsal: *Tegmen ventriculi IV*,

lateral und

ventral: *Medulla oblongata*.

8. Einteilung des Cerebellums

Das kugelförmige *Cerebellum* wird von *Fissurae* (Spalten/Furchen), *Foliae* (Blätter) und *Sulci cerebelli* (Kleinhirnrinnen) in seine einzelnen Abschnitte unterteilt (Böhme, 2004).

Es kommuniziert über die *Pedunculi cerebellaria* (Kleinhirnstiele) mit dem *Truncus encephali*. Jederseits des Cerebellums sind drei Pedunculi zu differenzieren (Dyce et al., 2010). Der *Pedunculus cerebellaris rostralis* steht mit dem *Mesencephalon* in Verbindung, der *Pedunculus cerebellaris medius* mit dem *Metencephalon* und der *Pedunculus cerebellaris caudalis* mit dem *Myelencephalon*. Die *Pedunculi* werden unterschiedlich benannt. Jakob (Jakob, 1928) bezeichnet jenen, der mit der *Medulla oblongata* kommuniziert als *Brachium conjunctivum*, den, der mit dem *Pons* verbunden ist als *Brachium pontis* und jenen, der mit seinen Fasern zum *Mesencephalon* und *Cerebrum* zieht, als *Corpus restiforme*.

Selbst wird das Kleinhirn durch die *Fissura uvulonodularis/posterolateralis* in einen *Lobus flocculonodularis* (Flöckchen-Knötchen-Lappen) und einen *Corpus cerebelli* (Kleinhirnkörper) unterteilt. Dieser Körper wiederum kann durch die *Fissura prima/postculminata* welche auch das *Culmen* (Gipfel) vom *Declive* (Abhang) trennt, in einen *Lobus rostralis* und einen *Lobus caudalis* gegliedert werden. Das *Corpus cerebelli*, das den *Vermis* (Wurm) bildet, ist von den Hemisphären beiderseits durch die *Vallecula cerebelli* (Kleinhirnmulden/-vertiefungen) getrennt.

Am Kleinhirn werden neun Bereiche unterschieden. Diese heißen in rostrokaudaler Richtung: *Lingula* (Zunge), *Lobulus centralis* (Zentral-läppchen) und *Culmen*, welche zum *Lobus rostralis* (rüsselwärtiger Lappen) gerechnet werden und *Declive*, *Folium vermis*, *Tuber vermis* (Wurmhöcker), *Pyramis vermis* (Wurmpyramide), *Uvula* (Zäpfchen) und *Nodulus* (Knötchen), die zum *Lobus caudalis* gehören. Von ventral stülpt sich das *Fastigium* (Giebel), die Spitze des *Tegmen ventriculi quarti* (Dach des 4. Ventrikels), gebildet von den *Vela medullaria* (Marksegel), zwischen *Lingula* und *Nodulus* ein. Die kaudoventral gelegenen *Flocculi* (Flöckchen) der Hemisphären verbinden sich mit dem *Nodulus* des *Vermis* und bilden den *Lobulus flocculonodularis*. Osterath (Osterath, 2011) schreibt dazu,

dass der *Nodulus* über den *Pedunculus flocculi* mit dem *Flocculus* verbunden ist und sich der *Lobulus flocculonodularis* von den Strukturen des *Vermis* und der Hemisphären deutlich unterscheiden lässt.

Schneidet man in der Medianen, so zeigt sich die *Substantia alba* (weiße Substanz) des Cerebellums in Form des *Arbor vitae* (Baum des Lebens) (Forssmann and Heym, 1985; Guerra-Pereira, 1977; Stoffel, 2011).

9. Lage des Cerebellums

Das *Cerebellum* ist rostral durch das *Tentorium cerebelli* (Kleinhirnzelt) vom *Cerebrum* getrennt. Ventral schließt sich der IV. Ventrikel an.

Verschiedene Darstellungen des Cerebellums:

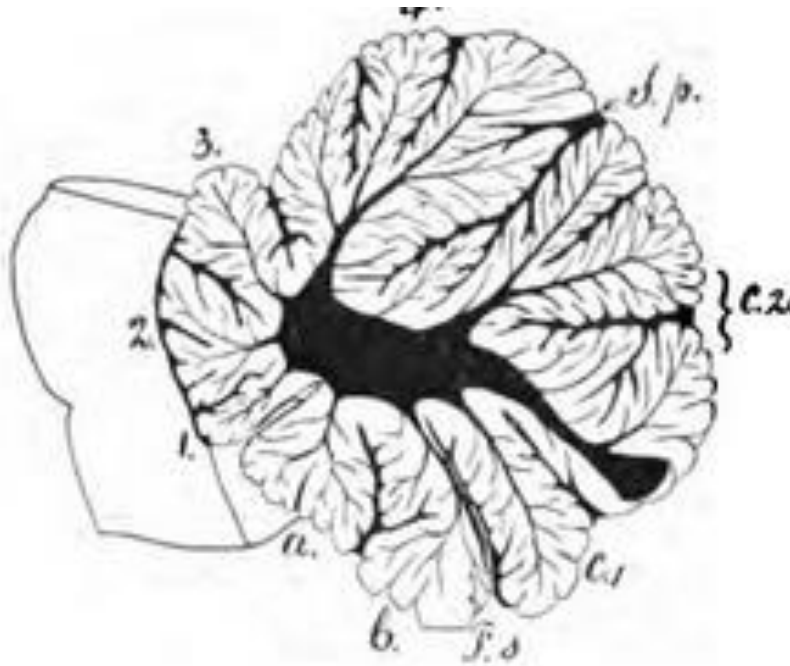


Abb. 7: Das *Cerebellum* eines *Sus scrofa* (Bolk, 1906).

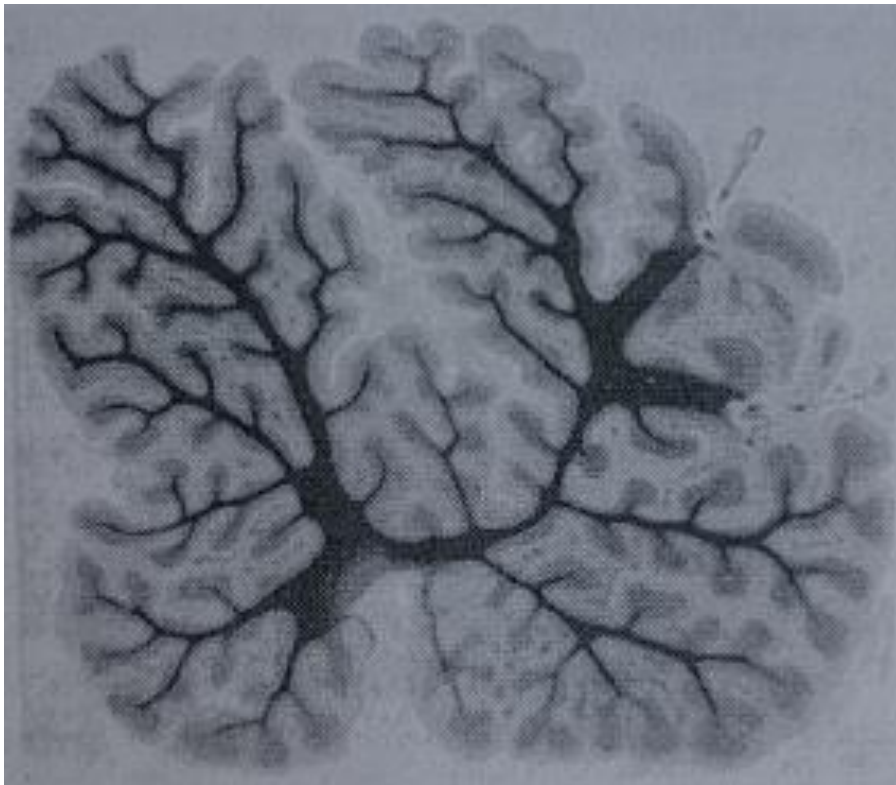


Abb. 8: Das *Cerebellum* eines *Sus scrofa* (Cohrs and Schulz, 1952).

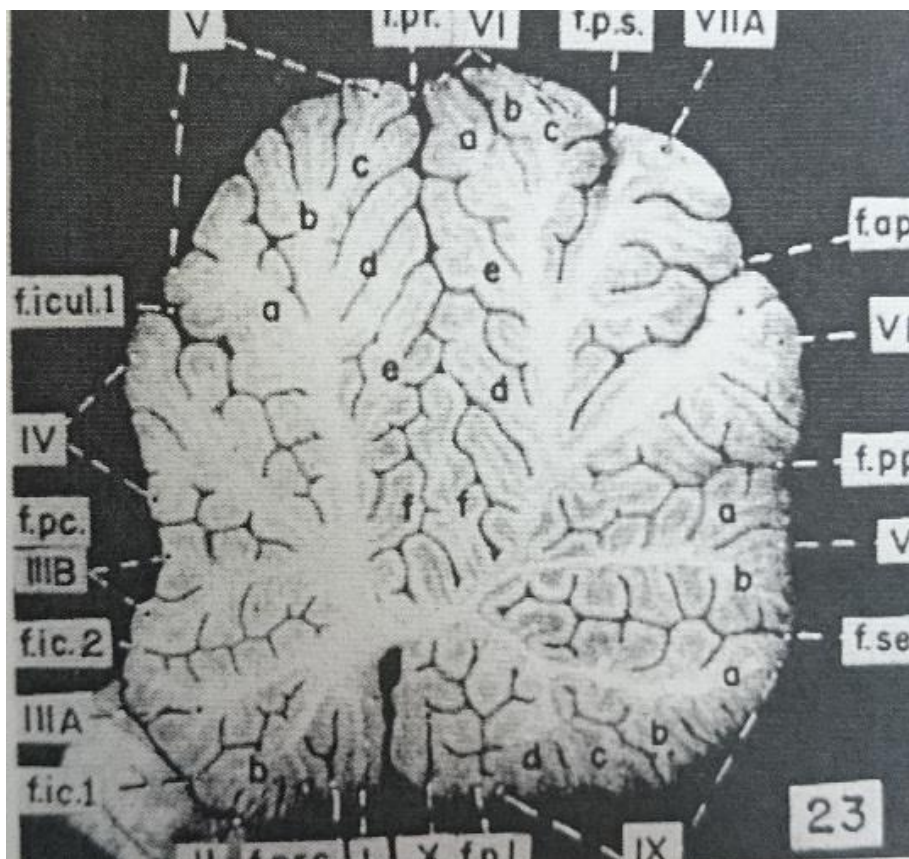


Abb. 9: Das *Cerebellum* eines *Sus scrofa* (Larsell, 1954).

10. Veränderungen am Gehirn

Untersuchungen über Veränderungen am Gehirn zwischen Haustieren und deren Wildformen können bereits bei Darwin (Darwin, 1868) gefunden werden. Zahlreiche Autoren haben sich seither mit diesem Phänomen beschäftigt (Herre, 1952; Hückinghaus, 1965; Klatt, 1912). Übereinstimmend kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die Hirnkapazität von Haustieren geringer ist, als jene ihrer Wildformen und damit einhergehend eine Abnahme der Hirngröße zu verzeichnen ist. Die Veränderungen lassen sich nicht nur am Gesamtgehirn, sondern auch in einzelnen Regionen verfolgen. Untersuchungen, die sich speziell mit den Umbauten am *Cerebellum* beschäftigen, konnten in der zugänglichen anatomischen Literatur nicht gefunden werden. Einzig wenige klinisch-pathologische Publikationen erwähnen dieses Thema. So beispielsweise Cohrs (Cohrs and Schulz, 1952). Aufgrund von mechanischen Einflüssen, kommt es hier zu lokalen, nicht entzündlichen Aplasien der Rindenschicht oder gleich größerer Läppchenteile am *Cerebellum* (Cohrs and Schulz, 1952). Benachbarte Teile räumen dem *Cerebellum* teilweise nicht genug Platz ein und üben so darauf Druck aus. Diese Defekte wurden bei Schweinen mit unterschiedlichen Todesursachen gefunden. Kein Individuum zeigte zu Lebzeiten Ataxien. Die Rindenaplasien finden sich vor allem dort, wo schnelle phylogenetische Entwicklung stattfindet, d.h. dass die phylogenetisch älteren Teile unempfindlicher gegenüber Degenerationen sind. Am häufigsten werden sie in den Hemisphären zwischen den *Tractus* (gebündelte Nervenzellfortsätze mit selber Verlaufsrichtung) angetroffen. Schon Brun (Brun, 1917) beschreibt, dass die Seitenlappen in Häufigkeit und Grad stärker betroffen sind, als die *Flocculi* und der *Vermis*. Befinden sich die Aplasien im *Vermis cerebelli* (Kleinhirnwurm), so liegen diese immer zwischen *Declive* und *Uvula*. Von 71 degenerierten Stellen des *Vermis*, ließen sich 56 am *Tuber vermis*, sieben an der *Declive*, sechs an der *Pyramis* und zwei an der *Uvula* finden. Das bedeutet, dass alle, bis auf die beiden an der *Uvula*, im Bereich des *Tuber vermis* oder in direkter Nachbarschaft liegen. Makroskopisch ist hier eine starke Rechtskrümmung des S-förmigen

Vermis mit chaotisch angeordneter Lamellierung zu beobachten. Als Grund für diese partiellen Aplasien werden primäre Entwicklungshemmungen vermutet. Druck durch Blutgefäße und Raummangel könnten verantwortlich sein (Cohrs and Schulz, 1952).

Auch Frauchinger und Fankhauser (Frauchiger and Fankhauser, 1957) beschäftigen sich mit diesem Thema und spezifizieren drei Gruppen bzw. Gründe für Fehlbildungen, beschreiben diese allerdings ausschließlich für den Menschen.

Zahlreiche Wissenschaftler haben festgestellt, dass sich die Gehirne der Säugetiere im Laufe der Domestikation verändert haben und verweisen damit auf Darwin (Darwin, 1868), der schon Mitte des 19. Jahrhunderts die Hirnschädelkapazitäten von Hauskaninchen und Haustauben untersuchte und sie mit denen ihrer wildlebenden Stammformen verglich. Das Ergebnis waren geringere Kapazitäten bei der Hausform. In diese Richtung forschten unter anderen auch Klatt (Klatt, 1912), Herre (Herre, 1952), Frick und Nord (Frick and Nord, 1963), Schumacher (Schumacher, 1963), Ebinger (Ebinger, 1973), Schleifenbaum (Schleifenbaum, 1973), Bährens (Bährens, 1960), Rempe (Rempe, 1970) und Gorgas (Gorgas, 1966). Sie führten Untersuchungen zur Ermittlung der Hirnschädelkapazität, des Hirngewichts oder Hirnvolumens an domestizierten Formen von Hunden, Katzen, Pferden, Yaks, Alpakas, Nerzen, Kaninchen, Frettchen, Ziegen, Schafen und auch Schweinen durch.

Auf die Ergebnisse von Klatt zur Messung von Hirnschädelkapazitäten von Haus- und Wildschweinen beziehen sich u.a. die o.g. Wissenschaftler. Einige Jahre später beschäftigten sich Herre und Röhrs (Herre and Röhrs, 1990) mit domestikationsbedingten Hirngewichtsreduktionen und Schädelveränderungen. Sie beschreiben, dass die Schädel im Hausstand v.a. Aufbiegungen und Verkürzungen zeigen und dadurch breiter und höher erscheinen. Diese Beobachtung wird auch von Kelm (Kelm, 1938) und Lambertin (Lambertin, 1939a, 1939b) gemacht. Es wird vermutet, dass die starken Veränderungen einen Selektionsvorteil bei heutigen Fütterungssystemen bieten.

Das Ausmaß der Hirngewichtsreduktion des Hausschweins gegenüber dem Gehirn des Wildschweins wird mit 33,6% angegeben (Röhrs, 1971). Beim *Cerebellum* wird eine Reduktion von 26% festgestellt.

Kruska (Kruska, 1970b) erweiterte die Studien über die Veränderungen des Hirns von Haus- zu Wildschweinen und wies eine Gesamthirngewichtsreduktion von 34% nach.

Außerdem wird beschrieben, dass der *Tuber vermis* eine S-förmige Schleife bildet, welches im außerordentlichen Wachstum und einer zu kurzen Differenzierungszeit seine Ursache finden soll. Durch dieses extreme Wachstum entstehen Rindenaplasien (Böhme, 2004; Cohrs and Schulz, 1952).

11. Zielsetzungen

In der Fachliteratur ist beschrieben, dass die Morphologie des Hausschweins von der des Wildschweins abweicht. Diese Abweichungen betreffen neben dem Gewicht, der Größe und der äußeren Form des Schweins auch einzelne Funktionseinheiten des Körpers. Es kam u.a. zu Veränderungen der Haut, der inneren Organe sowie des Skeletts. Auch der Schädel des Hausschweins weicht von dem des Wildschweins ab. Er ist kürzer und breiter geworden. Auch wenn diese Formänderungen primär den Gesichtsschädel, *Viscerocranium*, betreffen, zeigen sich auch am Hirnschädel, *Neurocranium*, Abweichungen. Der Fragenkomplex, der sich daraus ergibt ist:

- Welche Auswirkungen haben die veränderten Schädelformen auf das Gehirn?
- Haben sich die Form, die Größe oder auch das Gewicht des Gehirns mitgewandelt?
- Betreffen etwaige Umgestaltungen das Gehirn als gesamtes oder sind sie auf die Abschnitte des Groß- oder Kleinhirns beschränkt?
- Inwiefern nehmen die Faktoren Alter, Gewicht und das Geschlecht Einfluss?

Zur Klärung dieser Fragen galt es im Rahmen der vorliegenden Doktorarbeit Gehirne von Haus- und Wildschweinen zu vermessen, zu wiegen, ihre Form und Lage zu beurteilen und darüber hinaus Relationen zwischen den Gehirnabschnitten *Cerebrum* und *Cerebellum* zu berechnen. Das Augenmerk wurde auf die Auswirkungen auf das *Cerebellum* gelegt.

IV. MATERIAL & METHODEN

1. Material

Für Vorversuche wurden 18 Schweineköpfe genutzt. Für die eigentlichen Untersuchungen standen 93 Wildschweingehirne und 117 Hausschweingehirne zur Verfügung. Die Hausschweine waren Hybriden aus den Rassen deutsches Edelschwein, deutsche Landrasse und Pietrain. Diese sind typische Mastschweine aus Bayern und stammten aus der Klinik für Schweine, dem Lehr- und Versuchsgut in Oberschleißheim und aus dem Sektionsgut des Instituts für Tierpathologie. Von ihnen waren Gewicht und Geschlecht bekannt. Das Alter war von 60 Tieren bekannt, das der restlichen wurde mithilfe der Daten des Landeskuratoriums der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V (LKV, 2015) bestimmt. Der Gesundheitsstatus der Tiere war unbekannt. Es handelte sich nicht um genetisch veränderte Schweine. Die Wildschweine stammten aus dem Ebersberger Forst und wurden in den Jahren 2014 und 2015 erlegt. Gewicht und Alter der Wildschweine wurden von den Jägern geschätzt, das Geschlecht war bekannt, da bei allen männlichen Tieren ein Teil des Oberkiefers nach dem Erlegen entfernt worden war. Bei der Gewinnung des Probenmaterials galt es, den Kopf einschließlich des Atlas vom Körper zu trennen, um so zu gewährleisten, dass auch der Übergang vom Gehirn ins Rückenmark sichtbar bleibt.

Die Übersichtstabelle des gesamten Probenmaterials befindet sich im Anhang.

2. Methoden

2.1. Einfrieren des Materials

Die Köpfe wurden im frisch toten Zustand zur Verfügung gestellt und umgehend zur Lagerung und späteren Beurteilung bei minus 20 Grad eingefroren. Im Gefrierraum verblieben sie zwischen sieben und zehn Tagen.

2.2. Altersschätzung

Alle Altersangaben für die Hausschweine beruhen auf übermittelten Daten oder auf den, anhand der Angaben LKV (LKV, 2015), errechneten Werte. Die der Wildschweine begründen sich aus der persönlichen Mitteilung von Herrn Prof. Dr. Scholz (Scholz, 2016). Individuelle Faktoren oder die Tatsache, dass Mastschweine in bestimmten Phasen eine höhere oder niedrigere Tageszunahme des Körpergewichts haben, werden nicht berücksichtigt. Als Anfangsgewicht werden 30,3 kg, als Endgewicht 121,9 kg, für die Mastdauer 115 Tage und als tägliche Zunahme 788 g angegeben (LKV, 2015). Hierdurch gelang es das Alter der Hausschweine in Zwei-Wochen-Intervalle einzuteilen und so das ungefähre Alter zu benennen. Die Wahl fiel auf diese Lösung, um gewisse Abweichungen vom Durchschnitt zu erlauben und so individuelle Unterschiede stärker zu berücksichtigen.

2.3. Voruntersuchungen zur Fixierung

Für die Zusammensetzung der Lösung wurden zunächst die Angaben von Grönroos (Grönroos, 1898), der mit einer 5%igen, Gerota (Gerota, 1896), welcher mit einer 3 - 6%igen und Hultkrantz (Hultkrantz, 1929), der mit 10%iger Formalinlösung Gehirne härtete, herangezogen. Nachdem die angegebenen Formalinkonzentrationen zwischen 3 und 10% schwankten, wurde in einer aufsteigenden Formalinreihe ein eigener Wert ermittelt. Dieser belief sich auf 8%. Diese Vorversuche fanden an acht halbierten Köpfen von Hausschweinen statt. Bei einem weiteren Vorversuch an vier Kopfhälften, stellte sich die Zugabe von Pökelsalz als sinnvoll heraus. Aufgrund der Empfehlung von Friker, wurden 10% Pökelsalz hinzugefügt (Friker, 2014; Friker et al., 2007) Diese Zusammensetzung der Lösung erbrachte ein zufriedenstellendes Ergebnis in Bezug auf Farbe, Konsistenz und Haltbarkeit.

Um einen etwaigen Einfluss einer Fixierung auf das Gehirngewicht zu überprüfen wurden weitere Vorversuche angestellt. Die Differenz zwischen Frischhirngewicht und fixiertem Hirngewicht, stellt einen möglichen Korrekturfaktor für die Vergleiche der Gewichte dar. Hierzu wurde das Gewicht von zehn Köpfen gewogen. Danach wurden diese

Gehirne, wie im nächsten Absatz beschrieben, konserviert und fixiert. Nach zwei Monaten wurden alle zehn Gehirne erneut gewogen und vermessen.

2.4. Anfertigung von Gefrierschnitten und Fixierung der Kopfhälften

Die Köpfe wurden im gefrorenen Zustand in der Medianebene mithilfe einer Bandsäge der Firma Reich Typ 149 – FD (Baujahr 1982) mit einem Sägeblatt von 20 mm x 2915 mm x 0,5 mm und vier Zähnen pro Zoll gesägt. Um möglichst genau die Medianebene beim Sägen verfolgen zu können, wurden die *Crista nuchae* (Genickkamm), die *Tubercula nuchalia* (Nackenhöcker) und der *Processus rostralis* (rüsselwärtiger Fortsatz) des *Os nasale* zur Orientierung herangezogen und mit einem Faden verbunden. Entlang dieses Fadens erfolgte der Sägeschnitt.

Nach dem Sägeschnitt wurden die Köpfe in eine Lösung aus Formaldehyd und Pökelsalz zur Konservierung und Fixierung eingelegt. Die Präparate wurden acht Wochen lang in der Lake gelassen.

2.5. Vermessung der Gehirnhälften

In Anlehnung an Hochstetter (Hochstetter, 1943) sind bei jeweils 36 Präparaten von Haus- und Wildschweinen die Längen und Höhen der Cerebri und der Cerebelli vermessen und anschließend die Form und Lage des Letzteren beurteilt worden. Für die Vermessung wurde ein Maßband verwandt, dass für die Horizontale des Cerebrums an der breitesten Stelle angelegt wurde. Diese befindet sich zwischen zwei gedachten Punkten. Der rostrale Punkt liegt dorsokaudal des *Bulbus olfactorius*, an der Stelle, wo er dem *Cerebrum* am nächsten ist. Der kaudale Punkt befindet sich dorsorostral des Cerebellums, an der Stelle, an welcher dieses dem *Cerebrum* am nächsten liegt. Die Vertikale wurde durch die weiteste Verbindung zwischen der Ventralseite des *Corpus callosum* und dem dorsalen *Cortex cerebri* gezogen. Für die Vertikale des Cerebellums wurde der Abstand der *Fissura postculminata seu prima* (Spalte hinter dem Gipfel bzw. die erste Spalte) bis zur Ventralseite des *Arbor vitae*, zum *Fastigium* (Dachkammer) bestimmt. Die Horizontale wurde auch wiederum an der breitesten Stelle, die sich auf der einen Seite

im Bereich zwischen *Culmen* und *Lobus centralis* in der *Fissura praeculminata* (Spalte vor dem First) und auf der anderen Seite zwischen *Tuber vermis* und *Pyramis vermis* in der *Fissura secunda* (zweite Spalte) befindet, gemessen. Die gemessenen Strecken sind in den Abb. 10 und Abb. 11 zu sehen.

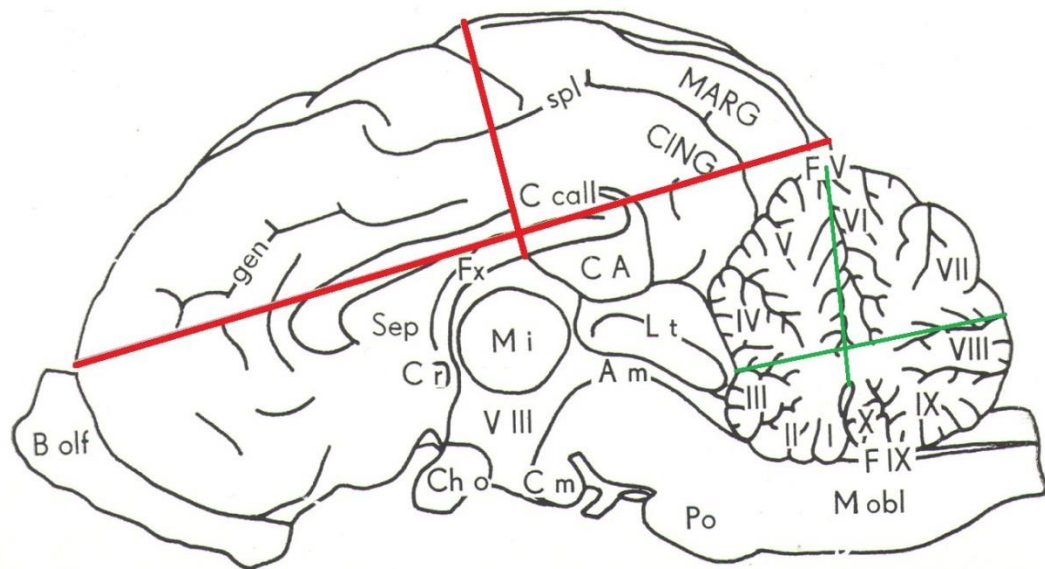


Abb. 10: Zeichnung des Gehirns eines *Sus scrofa* f. domestica. Gemessene Strecke für Länge und Höhe mit rot bzw. grün gekennzeichnet; in Anlehnung an Brauer und Schober aus dem Katalog der Säugetiergehirne Brauer (Brauer and Schober, 1970).

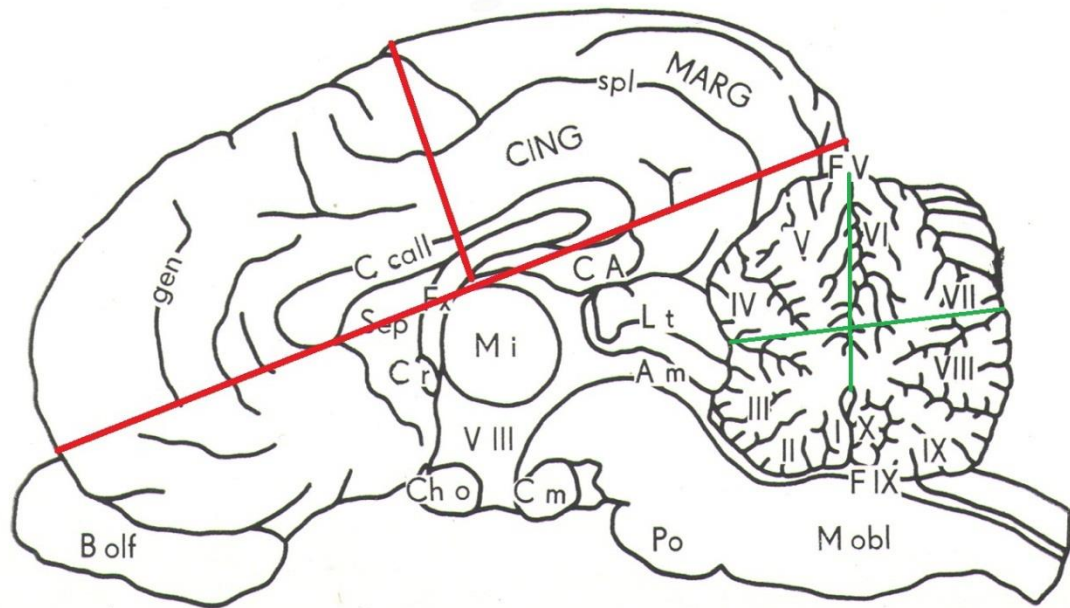


Abb. 11: Zeichnung des Gehirns eines *Sus s. scrofa* Linné 1758. Gemessene Strecke für Länge und Höhe mit rot bzw. grün gekennzeichnet; in Anlehnung an Brauer und Schober aus dem Katalog der Säugetiergehirne Brauer (Brauer and Schober, 1970).

2.6. Gewichtsbestimmungen am Gehirn

Für weitere Untersuchungen sind *Cerebrum* und *Cerebellum* vom Rest des Gehirns separiert worden, sodass die Gewichtsanteile von *Cerebrum*, *Cerebellum* und Stammhirn mithilfe der Feinwaage OHAUS PRECISION Plus bestimmt werden konnten (s. Abb. 12a – 12c). Als Grundlage für die Schnittführung dienten die Ausführungen von Böhme (Böhme, 2004) (s. Kapitel Einteilung; Lage; Definitionen).



Abb. 12a



Abb. 12b



Abb. 12c

Abb. 12a – 12c: Absetzen eines fixierten Cerebellums.

2.7. Latexausgüsse

Die leeren Schädelhöhlen wurden nach der Entnahme der Gehirne mit handelsüblichem flüssigen Latex, der Firma La-Gum Professional ausgefüllt. Mögliche Abflusslücken wurden zuvor durch Korken verstopft. Folgend ist eine 10%ige Essigsäure-Lösung hergestellt und auf die Oberfläche gesprüht worden, um eine schnelle Aushärtung zu erreichen. Nach der Aushärtung konnten die Latex-Gehirnnachbildungen aus den Halbschädeln gelöst werden. Diese Ausgüsse sind von zehn Schädeln angefertigt worden, um die Form und Ausmaße der Gehirne dreidimensional zu veranschaulichen und mögliche überdimensionierte Breiten der Cerebelli zu sehen. Fünf Gehirne sahen in der Medianebene rundlich aus und fünf länglich.

2.8. Tabellarische Auswertung

Zunächst wurden alle Tiere in Gruppen eingeordnet. Die Gruppen sind mit H 0 bis H 12 und W 0 bis W 9 benannt und stehen für verschiedene Körpergewichtsklassen (s. Tab. 1 und Tab. 2). Die gesammelten Daten von Länge, Höhe und Gewicht wurden tabellarisch erfasst und Relationen errechnet:

- Verhältnis von KGW: HGW
- Verhältnis von *Cerebrum*: *Cerebellum*

(s. Tab. 4 und Tab. 5)

Um interspezifische Vergleiche anstellen zu können, wurden zunächst alle Tiere mit exakt gleichem Körpergewicht herausgenommen und ein intraspezifischer Mittelwert ermittelt. Falls nur ein Tier vorhanden war, wurden seine Werte als Mittelwert gesetzt. So konnten die Mittelwerte der Wildschweine denen der Hausschweine gegenübergestellt werden.

Gruppe	KGW (kg)
H 0	0 - 8
H 1	8 - 30
H 2	30 - 41
H 3	41 - 52
H 4	52 - 63
H 5	63 - 75
H 6	75 - 86
H 7	86 - 97
H 8	97 - 108
H 9	108 - 119
H 10	119 - 130
H 11	130 - 141
H 12	> 141

Tab. 1: Gruppeneinteilung der Hausschweine.

Wildschwein	
Gruppe	Körpergewicht (kg)
W 0	0 - 4
W 1	5 - 9
W 2	10 - 19
W 3	20 - 29
W 4	30 - 39
W 5	40 - 49
W 6	50 - 59
W 7	60 - 69
W 8	70 - 79
W 9	> 80

Tab. 2: Gruppeneinteilung der Wildschweine.

2.9. Multifaktorielle Analyse

Es wurde eine multifaktorielle Analyse nach allgemeinem linearen Modell (aIM.) erhoben, um den Einfluss von Körpergewicht, Geschlecht und Unterordnungen auf das Hirngewicht zu zeigen. Morphologische Parameter und das Gewicht wurden als abhängige Variablen, Geschlecht und Unterordnung als feste Faktoren und das Körpergewicht als Kovariable in das Modell integriert. Um einen Zusammenhang zwischen den morphologischen Parametern und dem Körpergewicht zu quantifizieren, wurde der Korrelationskoeffizient Spearman Rho berechnet. Unterschiede zwischen linearen Zusammenhängen der morphologischen Parameter und des Körpergewichts im Vergleich von Haus- und

Wildschwein wurden analysiert, indem die Steigung der jeweiligen Regressionsgerade bestimmt wurde. In Fällen, in denen die Steigung keinen signifikanten Unterschied aufwies, wurde der Schnittpunkt der Geraden auf Abweichungen untersucht. Kategoriale Daten wurden mit dem exakten Test nach Fischer, Freeman und Holton bestimmt. Das Signifikanzniveau wurde bei $p > 0,05$ festgelegt.

Die statistische Analyse der Daten wurde mit den Programmen IBM – SPSS 23.0, BIAS 10.04 und EUKLID DynaGeo 4.0 gefertigt.

2.10. Graphische Darstellungen

Die Daten wurden in verschiedenen Arten von graphischen Darstellungen veranschaulicht. Es wurden mithilfe von aggregierenden Parametern Dispersions- und Lagemaße bestimmt, um das arithmetische Mittel und das gewogene arithmetische Mittel zu erheben. Regressionsgeraden und Punktwolken wurden eingesetzt. Von Cerebrum- und Cerebellummaßen wurden Quotienten und Produkte berechnet, um Größenverhältnisse zu verdeutlichen. Die statistischen Graphiken zu Körper- und Hirngewichten sind anhand von 35 Hausschweinen und 30 Wildschweinen (Tab. 16 und Tab. 17) erstellt worden. Es ist darauf geachtet worden, dass die Tiere repräsentative Werte für die Gesamtgruppe der jeweiligen Art wieder spiegeln. Es wurden aus allen Gewichtsklassen Individuen ausgesucht.

V. ERGEBNISSE

1. Formalinfixierung

Nach der Fixierung nimmt das Gehirngewicht signifikant ($p < 0,001$, t-Test für abhängige Variablen) zwischen 0,4 und 0,97 % (Mittelwert 0,72%) ab (s. Tab. 3). Diese Reduktion ist so gering, dass sie nicht in den weiteren Untersuchungen mit einem Korrekturfaktor berücksichtigt wurde.

Frischhirngewicht (g)	HGW nach Fixierung (g)	Differenz (g)	Differenz (%)
126,79	125,87	0,92	0,72
101	100,42	0,58	0,57
67,2	66,68	0,52	0,78
73,82	73,12	0,7	0,94
112,67	111,75	0,92	0,82
117,92	116,78	1,14	0,97
121,48	120,73	0,75	0,62
148,61	148,02	0,59	0,4
93,27	92,45	0,82	0,88
131,24	130,6	0,64	0,49

Tab. 3: HGW vor und nach der Fixierung

2. Form und Lage des Cerebellums

Nachdem die Köpfe in der Medianebene gesägt waren, ließ sich die Form des Cerebellums zweidimensional beurteilen. Für diese Untersuchung wurden je 36 Haus- und Wildschweine herangezogen. Das *Cerebellum* unterschied sich bei vielen der untersuchten Hausschweine von den, in der Literatur gemachten Angaben (Böhme, 2004). In beiden Gruppen sind Formvarianten zu finden. Entgegen den Beschreibungen von nur kugeligen Cerebelli, war bei 66,67% (24 von 36) der Hausschweine, das *Cerebellum* länglich und in 33,34% (12 von 36) der Fälle kugelig ausge-

bildet. Als länglich sind hier Cerebelli betitelt, bei denen die Differenz der Höhe und Breite mindestens fünf Millimeter beträgt. Bei 37,5% (9 von 24) der Tiere, die ein längliches *Cerebellum* vorwiesen, zog ein Teil des Cerebellums durch das *Foramen magnum* (Hinterhauptstloch) heraus in den *Canalis spinalis* (Rückenmarkskanal) (s. Abb. 13 – 15). Das *Foramen magnum* wird knöchern durch die *Squama occipitalis* (Hinterhauptschuppe), die *Basis occipitalis* (Hinterhauptsboden) und die *Partes laterales* (Seitenteile des Hinterhaupts) des *Os occipitale* begrenzt (Nickel et al., 2004). Beim *Cerebellum* handelt sich um den kaudalen Bereich, der ohne histologische Untersuchung nicht genau bestimmt werden kann und auch etwas variiert. Die histologische Untersuchung ist jedoch nicht Gegenstand dieser Dissertation. Aufgrund einer makroskopischen Würdigung sind *Nodulus*, *Uvula*, *Pyramis* und *Vermis* in Betracht zu ziehen. Bei 20,83% (5 von 24) der Köpfe, zeigt sich das *Cerebellum* auch länglich, durchtritt das *Foramen magnum* jedoch nicht, sondern endet an diesem (s. Abb. 16 und 17). Die restlichen 41,67% (10 von 24) der länglichen Cerebelli, erreichen das *Foramen magnum* nicht (s. Abb. 18 und 19). Die Schädelhöhle räumt dem *Cerebellum* scheinbar zu wenig Platz ein. Bei den Wildschweinköpfen war ein in den *Canalis spinalis* ausweichendes *Cerebellum* nicht zu beobachten. Hier war jedoch die Anzahl derer, die ein längliches *Cerebellum* vorwiesen größer, als bei den domestizierten Verwandten. 83,33% (30 von 36) der Cerebelli waren länglich, 16,67% (6 von 36) eher kugelig. Keines der 36 Cerebelli erreichte das *Foramen magnum* oder trat durch dieses hindurch.



Abb. 13: Kopfhälfte des Hausschweins Nr.002 mit 27 kg KGW; das *Cerebellum* tritt durch das *Foramen magnum* in den *Canalis spinalis*.

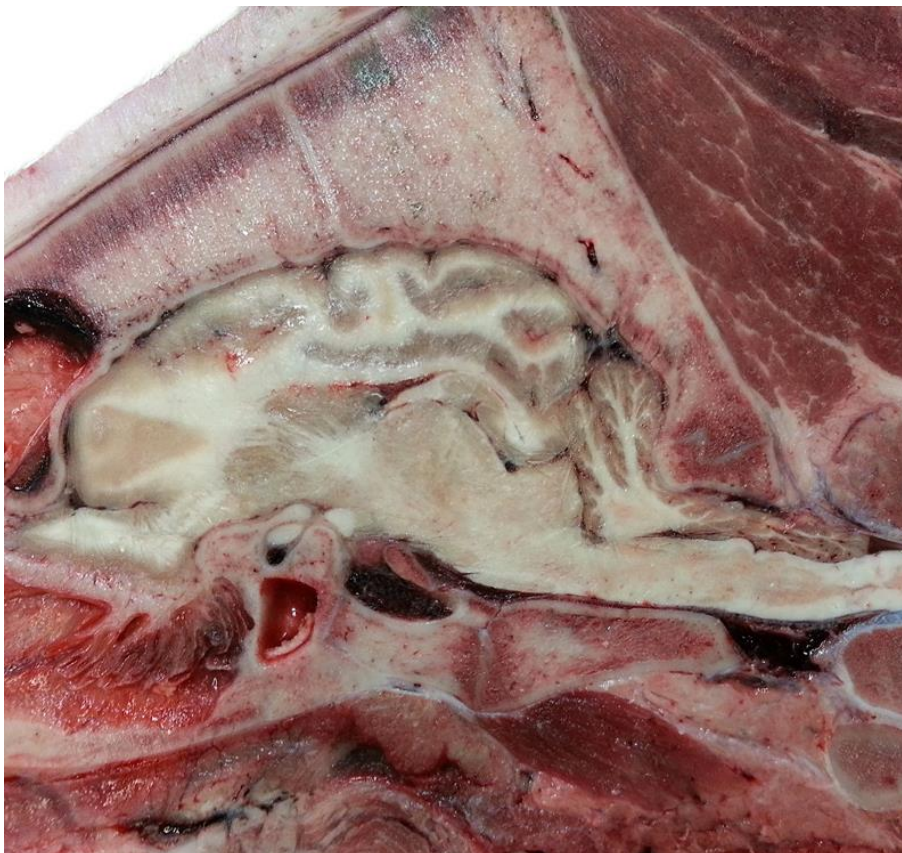


Abb. 14: Kopfhälfte des Hausschweins Nr. 039 mit 155 kg KGW; das *Cerebellum* tritt durch das *Foramen magnum* in den *Canalis spinalis*.



Abb. 15: Kopfhälfte des Hausschweins Nr. 014 mit 31 kg KGW; das *Cerebellum* tritt durch das *Foramen magnum* in den *Canalis spinalis*.



Abb. 16: Kopfhälfte eines Hausschweins Nr. 016 mit 26 kg KGW; das *Cerebellum* liegt in der Schädelhöhle, erreicht das *Foramen magnum*, tritt jedoch nicht hindurch.



Abb. 17: Kopfhälfte eines Hausschweins Nr. 046 mit 154 kg KGW; das *Cerebellum* liegt in der Schädelhöhle, erreicht das *Foramen magnum*, tritt jedoch nicht hindurch.



Abb. 18: Kopfhälfte eines Hausschweins Nr. 194 mit 156 kg KGW; das *Cerebellum* liegt in der Schädelhöhle und erreicht das *Foramen magnum* nicht.



Abb. 19: Kopfhälfte eines Hausschweins Nr. 192 mit 149 kg KGW; das *Cerebellum* liegt in der Schädelhöhle und erreicht das *Foramen magnum* nicht.

(Weitere Beispiele s. Anhang)

Wildschwein		Cerebellum		Cerebrum		Alter (Wochen)
lfd. Nr.	KGW (kg)	Höhe (mm)	Länge (mm)	Höhe (mm)	Länge (mm)	
025	8	28	20	50	81	8 – 12
110	9	30	21	51	79	8 – 12
019	10	30	20	49	78	16 – 32
022	15	28	22	52	84	16 – 32
020	17	31	25	50	88	16 – 32
057	18	30	25	51	84	16 – 32
028	20	29	22	49	79	36 – 48
030	21	29	25	50	82	36 – 48
060	21	23	19	48	83	36 – 48
063	21	28	21	46	86	36 – 48
055	23	22	20	52	85	36 – 48
037	28	22	16	44	75	36 – 48
049	28	26	20	51	84	36 – 48
026	30	30	25	48	84	44 – 60
029	30	30	22	54	87	48 – 60
031	33	29	20	55	90	48 – 60
112	35	31	21	53	89	44 – 60
124	40	31	24	54	89	52 – 80
115	44	32	24	52	91	52 – 80
034	45	29	25	52	91	48 – 60
065	46	35	26	53	87	52 – 80
027	55	28	20	58	88	36 – 48
032	55	30	22	54	86	80 – 108
052	55	33	27	51	91	80 – 108
021	60	39	34	59	89	92 – 120
023	60	28	23	60	90	92 – 120
041	60	32	26	60	90	92 – 120
048	60	31	22	63	90	92 – 120
024	65	31	28	53	90	92 – 120
036	70	29	22	56	89	108 – 128
038	70	31	28	53	90	108 – 128
113	74	33	21	58	90	116 – 140
033	75	31	22	61	89	116 – 140
035	80	40	25	60	93	>128
054	85	38	21	58	94	>128
130	88	41	32	62	93	>140
Mittelwert		30,6	23,3	53,7	87,1	
Varianz		17,9	12,7	21,5	19,7	
StAbwS		4,23	3,57	4,63	4,44	

Tab. 4: Datensammlung der Wildschweine mit Höhen und Längen ihrer Cerebelli und Cerebri.

Hausschwein		Cerebellum		Cerebrum		Alter (Wochen)
lfd. Nr.	KGW (kg)	Höhe (mm)	Länge (mm)	Höhe (mm)	Länge (mm)	
206	14	22	18	41	66	4 – 12
205	16	24	19	43	67	4 - 12
059	17	23	17	42	68	4 - 12
064	20	27	20	42	67	4 - 12
056	25	25	15	42	71	4 - 12
009	28	27	19	46	72	4 - 12
014	31	25	22	47	75	12 - 14
003	32	27	23	46	74	12 - 14
006	34	28	22	46	73	12 - 14
072	40	24	22	41	72	12 - 14
104	41	26	23	48	75	14 - 16
062	43	27	21	42	75	14 - 16
051	60	25	17	47	80	16 - 18
197	64	25	20	44	74	18 - 20
087	65	24	18	46	76	18 - 20
207	73	26	23	47	78	18 - 20
210	80	24	22	46	80	20 - 22
005	95	23	16	48	81	22 - 24
200	97	24	20	49	80	24 - 26
053	100	22	18	48	76	24 - 26
148	101	24	17	49	81	24 - 26
199	106	24	16	50	78	24 - 26
010	115	24	14	49	82	26 - 28
146	118	27	21	47	81	26 - 28
040	120	29	23	48	83	28 - 30
143	125	28	21	49	82	28 - 30
012	128	25	16	49	83	28 - 30
018	132	32	29	47	84	30 - 32
001	134	25	15	49	85	30 - 32
008	138	34	27	51	84	30 - 32
045	140	29	22	50	84	30 - 32
013	145	30	23	53	83	>32
044	149	19	15	53	84	>32
042	150	28	21	54	84	>32
007	152	32	26	56	83	>32
039	155	31	27	50	84	>32
Mittelwert		26,2	20,2	47,5	78,3	
Varianz		9,47	13,6	12,2	28,2	
StAbwS		3,08	3,69	3,5	5,31	

Tab. 5: Datensammlung der Hausschweine mit Höhen und Längen ihrer Cerebelli und Cerebri.

3. Latexausgüsse

Zur Überprüfung, ob die beschriebene Kugelform des Cerebellums, nicht nur in der Medianebene so wirkt, sondern auch dreidimensional kugelig ist, wurden Latexausgüsse von zehn Hirnschädeln angefertigt. Die Messung der Breite, der dritten Größe (neben Höhe und Länge des Cerebellums), fand anhand von Latexmodellen statt, da das Latex einfacher zu handhaben ist, als das frische oder fixierte Gehirn. Als kugelige Form ist in dieser Arbeit ein *Cerebellum* betitelt, dessen Höhe und Länge nicht mehr als 4 mm voneinander abweichen. Anhand der zehn Schädel sollte stichprobenartig überprüft werden, ob die Breite nicht stark (≤ 4 mm) von der Höhe abweicht. Die Länge musste aus dem Vergleich herausgenommen werden, da sie variabler ist und somit die längliche Form ausmacht. Keines der zehn Latexmodelle hatte eine stärkere Abweichung als 4 mm der Cerebellumbreite von der Cerebellumhöhe. Das lässt die Vermutung zu, dass sich der Hirnschädel zuchtbedingt kaudal verkürzt hat.



Abb. 20: Latexmodell eines Hausschweingehirns.

4. Hirngewicht im Geschlechtervergleich

Es wurden Ergebnisse der männlichen und weiblichen Tiere intra-spezifisch miteinander verglichen. Dabei konnten keine Beobachtungen gemacht werden, die darauf hinweisen, dass eines der beiden Geschlechter grundsätzlich ein höheres oder niedrigeres Hirngewicht vorweist. Männliche und weibliche Tiere haben sehr ähnliche Werte. Dieses gilt für Hausschweine wie für Wildschweine. Im Folgenden wurden acht Beispielpaare aus der Hausschweingruppe und acht aus der Wildschwein-Gruppe per Zufall ausgesucht. Es wurden für diese Gruppen Durchschnittswerte der Körpergewichte und der Hirngewichte ermittelt. Daraus ergab sich, dass ein durchschnittliches männliches Hausschwein von 54,5 kg Körpergewicht ein Hirngewicht von 92,64 g aufweist, ein durchschnittliches weibliches Hausschwein mit 54,5 kg ein Hirngewicht von 93,9 g. Die Differenz zwischen den Hirngewichten beträgt lediglich 1,26 g und ist damit vernachlässigbar.

Hausschwein				
		männlich	weiblich	
Körpergewicht (kg)	lfd. Nr.	Hirngewicht (g)	Hirngewicht (g)	lfd. Nr.
24	109	78,63	80,55	201
27	083	78,81	83,78	002
28	011	77,57	86,92	009
34	092	83,65	82,37	098
38	099	85,72	87,28	103
100	053	108,90	107,61	198
130	144	106,82	106,11	137
145	190	121,00	116,60	186
Ø 54,5		Ø 92,64	Ø 93,90	

Tab. 6: HGW im Geschlechtervergleich beim Hausschwein; t-Test für abhängige Daten (Paarvergleichstest): $p = 0,431$.

Bei den Wildschweinen ergaben sich auch keine signifikanten Unterschiede der Hirngewichte zwischen männlichen und weiblichen Tieren. Das durchschnittliche männliche Wildschwein (Keiler), mit 50,13 kg KGW, weist ein Hirngewicht von 154,74 g auf und das weibliche

Wildschwein (Bache) mit demselben Körpergewicht, ein Hirngewicht von 155,88 g. Daraus lässt sich eine Differenz von 1,14 g errechnen.

Wildschwein				
Körpergewicht (kg)	männlich		weiblich	
	lfd. Nr.	Hirngewicht (g)	Hirngewicht (g)	lfd. Nr.
8	025	113,78	111,20	162
28	049	120,63	120,93	037
30	171	142,70	149,37	029
55	168	167,85	168,86	052
60	164	173,87	178,76	041
65	024	171,00	181,34	165
70	182	170,08	163,74	179
85	054	178,03	172,84	178
Ø 50,13		Ø 154,74	Ø 155,88	

Tab. 7: HGW im Geschlechtervergleich beim Wildschwein; t-Test für abhängige Daten (Paarvergleichstest): $p = 0,6$.

5. Gewichtsvergleich von Haus- und Wildschweinen

Um die Gehirngewichte zweier Tiere miteinander vergleichen zu können, bedarf es einer Bezugsgröße. Hierfür kommen das Alter oder das Körpergewicht in Frage. Hausschweine sind zuchtbedingt zeitlich weit vor den Wildschweinen entwickelt. Daraus ergibt sich, dass das Alter als Bezugsgröße nur bedingt tauglich ist. Letztlich scheidet das Alter als Bezugsgröße aus, da die meisten Hausschweine schlachtungsbedingt eine niedrige Lebenserwartung von ca. sechs Monaten haben. In dieser Arbeit wurde das Körpergewicht als Basis für einen Vergleich herangezogen, auch wenn der übermäßige Fleischansatz der Hausschweine eine gewisse Unschärfe in den Vergleich bringt. Paare, bestehend aus einem Haus- und einem Wildschwein, mit exakt identischem Gewicht, zeigen signifikante Unterschiede im Hirngewicht. Der interspezifische Vergleich der Hirngewichte von Tieren mit gleichem Körpergewicht, erbrachte, dass das Gesamthirngewicht eines Hausschweins um durchschnittlich 41,37% im Vergleich zu dem des Wildschweins reduziert ist. Dieser Prozentsatz stellt den Mittelwert der Gesamthirngewichtsreduktion

dar. Die Reduktionswerte haben eine Bandbreite von 31,67% bis 49,51%. Die interspezifischen Paare haben Körpergewichte von 14 bis 80 kg. Die Hirngewichte der Hausschweine von diesen Paaren, bedienen eine Spannweite von 68,86 g bis 112,96 g, die Hirngewichte der Wildschweine eine von 119,93 g bis 177,15 g. In der folgenden Gegenüberstellung sind 18 interspezifische Paare aufgeführt (Tab. 8).

Körpergewicht (kg)	Hausschwein	Wildschwein	Reduzierung HGW von HS (%)
	Hirngewicht (g)	Hirngewicht (g)	
14	68,85	124,39	44,65
16	71,17	124,75	42,95
17	73,12	135,60	46,08
20	73,29	133,12	44,94
22	82,88	124,46	33,41
24	79,08	130,93	39,60
25	81,39	131,53	38,12
26	81,95	119,93	31,67
28	81,27	129,60	37,29
30	81,15	139,99	42,03
33	84,74	162,38	47,81
35	83,32	152,16	45,24
38	86,92	158,62	45,20
40	89,07	160,92	44,65
60	105,86	177,15	40,24
65	86,46	171,25	49,51
68	106,27	171,62	38,08
80	112,69	168,48	33,11
Durchschnittliche Reduzierung des Hirngewichts vom Wild- zum Hausschwein (%): 41,37			

Tab. 8: Paare von Haus- und Wildschwein mit gleichem KGW; t-Test für abhängige Daten (Paarvergleichstest): $p < 0,001$.

Die Messergebnisse für KGW und HGW aller untersuchten Tiere sind der Tabelle 15 zu entnehmen.

Die unterschiedlichen Größenverhältnisse zwischen Schädel und Gehirn von Haus- zu Wildschwein, sind auch makroskopisch sichtbar (Abb. 21).



Abb. 21: Schädel mit geöffnetem *Cavum cranii*; Hauschwein links, Wildschwein rechts.

6. Statistische Beurteilung

Die Ergebnisse der multifaktoriellen Analyse und der Regressionsanalyse sind aus den Tabellen 9 und 10 ersichtlich. Es wurden die verschiedenen Bezugsparameter hinsichtlich ihrer Signifikanz und Regressionsgleichungen dargestellt.

Die multifaktorielle Analyse ergab, dass eine hochsignifikante Abhängigkeit des HGW zum KGW und des HGW zur Spezies (Haus- oder Wildschwein) besteht. Bei den Hausschweinen sind die Gehirne signifikant kleiner. Dies betrifft nicht nur das Gesamthirngewicht, sondern auch,

isoliert betrachtet, das Groß- und Kleinhirn. Es gibt keinen Hinweis auf einen Einfluss des Geschlechts auf das *Cerebellum*. HGW und KGW stehen sowohl beim Haus-, als auch beim Wildschwein in einem linearen Zusammenhang, der sich in Regressionsgleichungen mathematisch formulieren ließe. Unabhängig davon, ob Haus- oder Wildschwein, ist zu erkennen, dass mit zunehmendem KGW, die Steigungen der Regressionsgeraden von KGW und HGW signifikant auseinanderdriften (s. Abb. 26).

Bezugsparameter	Signifikanz (p)	Regressionsgleichung HS $y = a * x + b$	Regressionsgleichung WS $y = a * x + b$
HGW beider Unterordnungen zu KGW	< 0,001	$y = 0,337 * x + 0,75$	$y = 0,956 * x + 0,01$
Geschl. beider Unterordnungen zu HGW	= 0,541	/	/
Geschl. zu Kleinh.	= 0,933	/	/
Geschl. zu Großh.	= 0,646	/	/
Kleinh. zu KGW	< 0,001	$y = 0,032 * x + 9,54$	$y = 0,095 * x + 12,34$
Großh. zu KGW	< 0,001	$y = 0,215 * x + 0,48$	$y = 0,716 * x + 0,74$

Tab. 9: Multifaktorielle Analyse; das Geschlecht ist keine metrische Variable, daher kann keine Regressionsgerade berechnet werden, die entsprechenden Zellen sind mit „/“ gekennzeichnet.

In den Tabellen 4 und 5 sind die laufenden Nummern, Höhen und Längen von *Cerebrum* und *Cerebellum*, Körpergewicht und Alter von 36 Hausschweinen und 36 Wildschweinen aufgeführt. Die Körpergewichte der Wildschweine gehen von 8 bis 88 kg in einem Alter von 8 bis > 140 Wochen, die Höhe ihrer Cerebelli von 22 bis 41 mm und die Längen von 16 bis 34 mm. Die Cerebrumhöhen variieren zwischen 44 und 63 mm und ihre Längen zwischen 75 und 94 mm. Bei den Hausschweinen sind Körpergewichte von 14 bis 155 kg im Alter von 4 bis > 32 Wochen beschrieben, die Cerebellumhöhen liegen zwischen 22 und 35 mm und die Cerebellumlängen zwischen 13 und 29 mm. die Cerebrumhöhen reichen von 42 bis 57 mm und die Cerebrumlängen befinden sich zwischen 67 und 85 mm. Durch die Angabe der fortlaufenden Nummer, sind die Daten den einzelnen Tieren der Übersichtstabelle zuzuordnen.

Die Maße der Hirnabschnitte vergrößern sich mit dem Anstieg des Körpergewichts, jedoch gibt es viele Ausreißer nach unten oder oben. Betrachtet man zum Beispiel die Tiere mit den laufenden Nummern 025 mit einem Körpergewicht von 8 kg und Nr. 037 mit dem Körpergewicht von 28 kg, fällt auf, dass die Nr. 037 350% mehr Körpergewicht als die Nr. 025, aber eine geringere Höhe des Cerebellums vorweist, nämlich 78,6% der Cerebellumhöhe der Nr. 025. Solche abweichenden Daten sind sowohl bei den Wildschweinen, als auch bei den Hausschweinen zu finden.

Zusätzlich wurden intraspezifische arithmetische Mittel, Varianzen und Standardabweichungen berechnet.

In der Tabelle 10 ist auffällig, dass sich die Steigung der Länge des Cerebellums vom Hausschwein nicht signifikant von der des Wildschweins unterscheidet, der Achsenabschnitt hingegen stark signifikant ist. Sowohl die Höhe des Cerebellums als auch die des Cerebrums von Haus- zu Wildschwein sind hochsignifikant.

Formparameter	Signifikanz (p)	Regressionsgleichung	
		HS $y = a * x + b$	WS $y = a * x + b$
Höhe Kleinh.	< 0,001	$y = 0,025 * x + 0,24$	$y = 0,114 * x + 0,26$
Länge Kleinh.	= 0,077	$y = 0,016 * x + 1,88$	$y = 0,066 * x + 2,04$
Höhe Großh.	< 0,001	$y = 0,065 * x + 41,81$	$y = 0,154 * x + 46,97$
Länge Großh.	= 0,046	$y = 0,111 * x + 68,44$	$y = 0,151 * x + 80,36$

Tab.10: Formparameter in Bezug auf Signifikanz und Regressionsgleichungen.

7. Graphischer Vergleich der Körper- und Hirngewichte von Haus- und Wildschweinen

In den folgenden Graphiken sollen die teils sehr großen Differenzen bezüglich Körper- und Hirngewicht zwischen Haus- und Wildschwein veranschaulicht werden. Als Basis dienten die Tiere der Tabellen 16 und

17 mit 35 Hausschweinen und 30 Wildschweinen, da diese das gesamte Spektrum der untersuchten Tiere gleichmäßig und widerspiegeln.

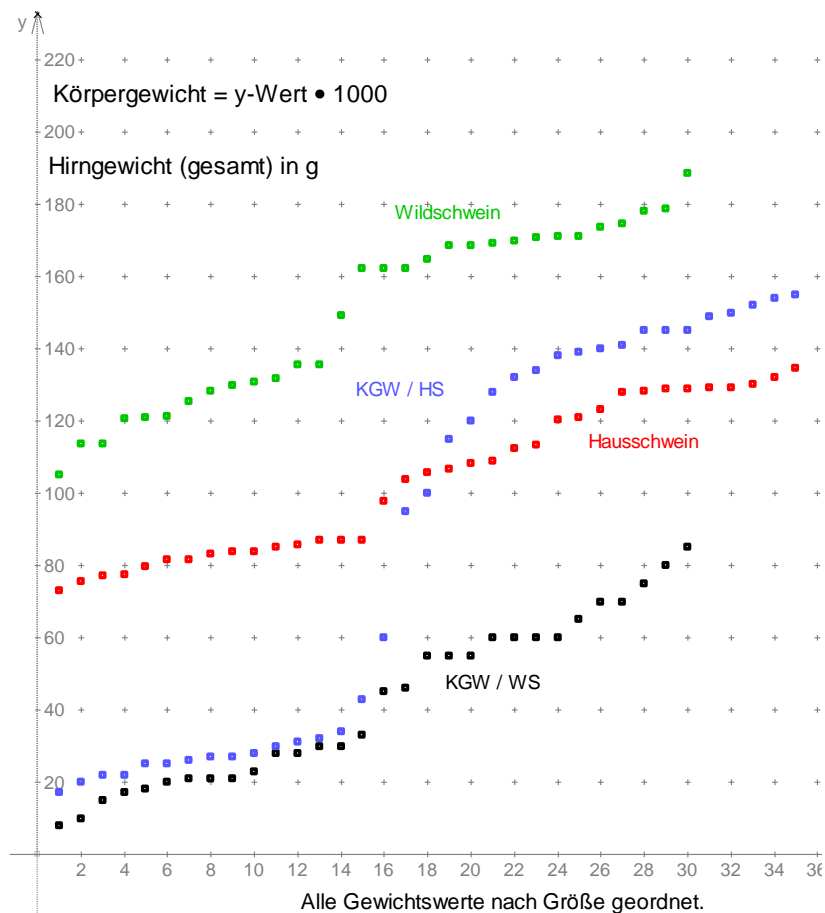


Abb. 22: Die Graphik zeigt die Gesamthirngewichte von Hausschwein (rot) und Wildschwein (grün) und die Körpergewichte von Haus- (blau) und Wildschwein (schwarz).

Auffällig ist der deutlich größere Abstand der Hirn- und Körpergewichtskurve beim Wildschwein, während die beiden Kurven des Hausschweins sich schneiden.

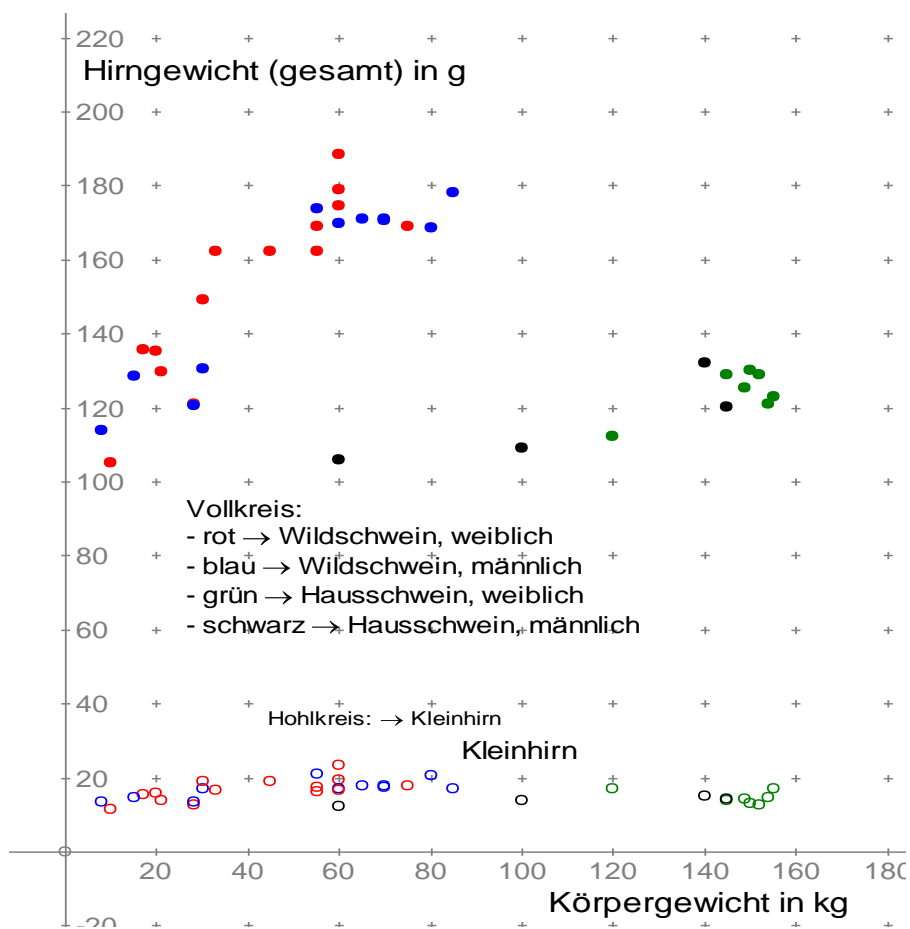


Abb. 23: Hirngewichte nach Körpergewichten sortiert. Die Graphik stellt die Gesamthirngewichte und die Cerebellumgewichte von Haus- und Wildschwein dar und unterscheidet zusätzlich die Geschlechter. Die Hohlkreise repräsentieren die Cerebellumgewichte, der zuvor genannten Gruppen in den gleichen Farben. Die Vollkreise stehen für das Gesamtgewicht. Bache (rot), Keiler (blau), Sau (grün) und Eber (schwarz).

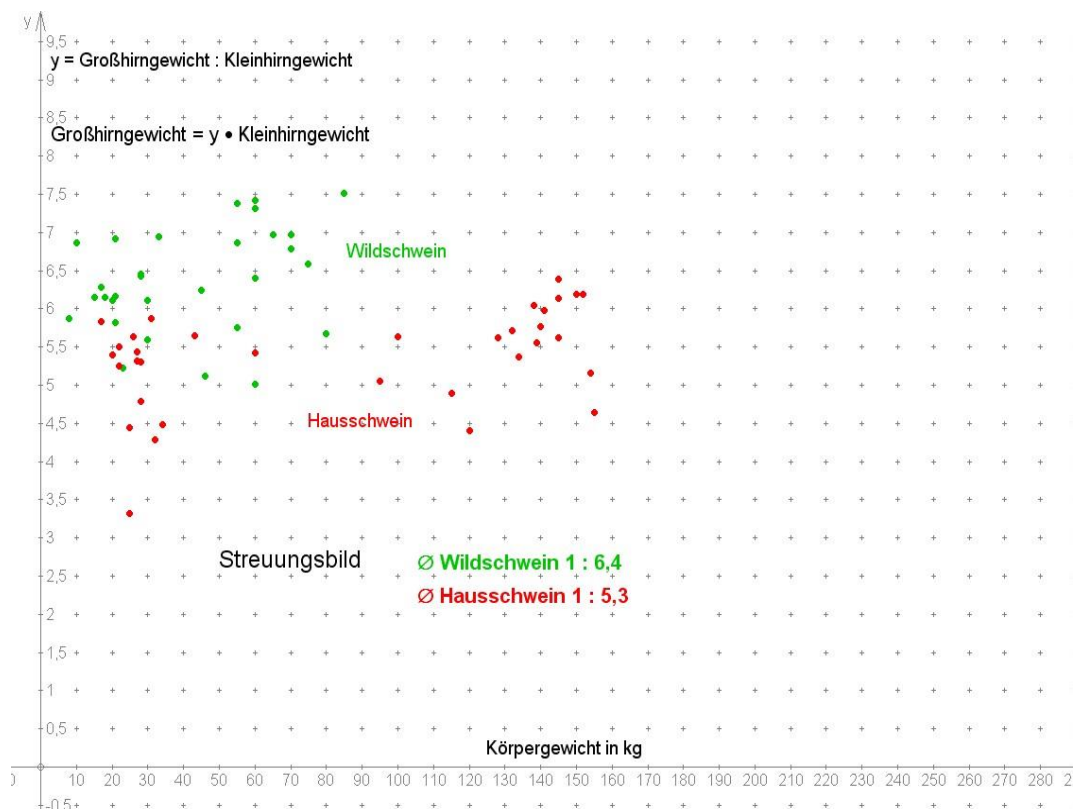


Abb. 24: Das Verhältnis von *Cerebrum* zu *Cerebellum*. Hausschweine (rot), Wildschweine (grün).

Die Punktwolke der Hausschweine ist entlang der X-Achse weiter verstreut, als die der Wildschweine. Das liegt daran, dass die Körpergewichte der Hausschweine eine größere Spannweite bedienen. Auf der Y-Achse sind die Punkte der Wildschweine höher angesiedelt, da sie im Verhältnis ein größeres *Cerebellum* in Relation zum *Cerebrum* besitzen, als die Hausschweine.

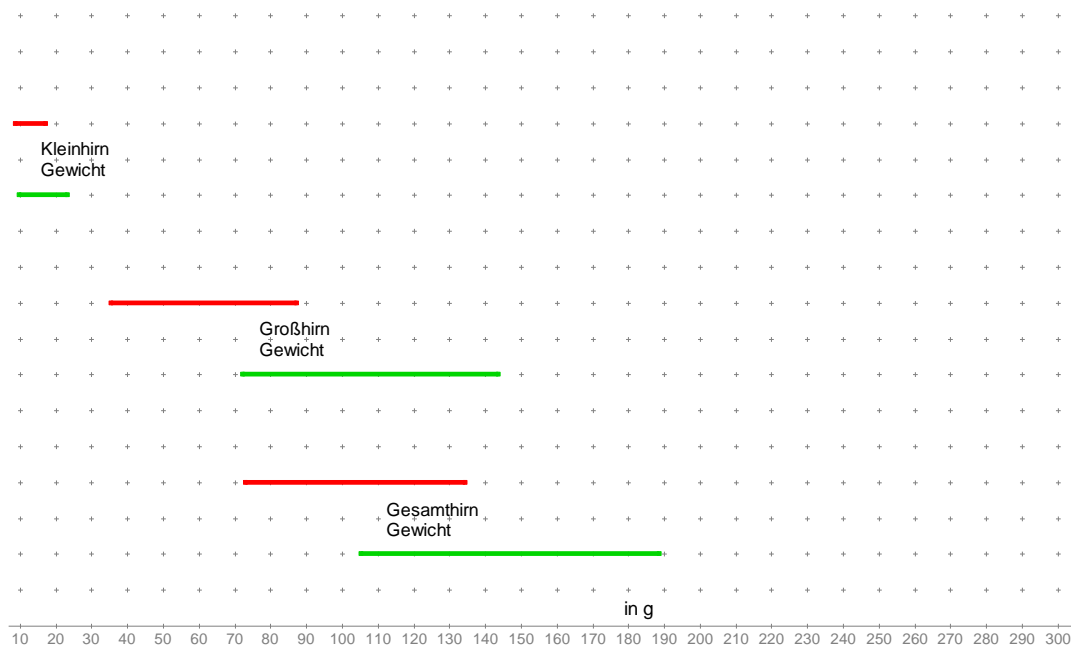


Abb. 25: Vergleich der Hirngewichte des Gesamthirns, des Cerebellums und des Cerebrums von Hausschweinen (rot) und Wildschweinen (grün).

In allen drei Kategorien weisen Wildschweine das höhere Gewicht auf.

Die folgenden drei Graphiken (s. Abb. 26 – Abb. 28) veranschaulichen die Gewichte des Gesamthirns und der Teile *Cerebrum* und *Cerebellum* separat.

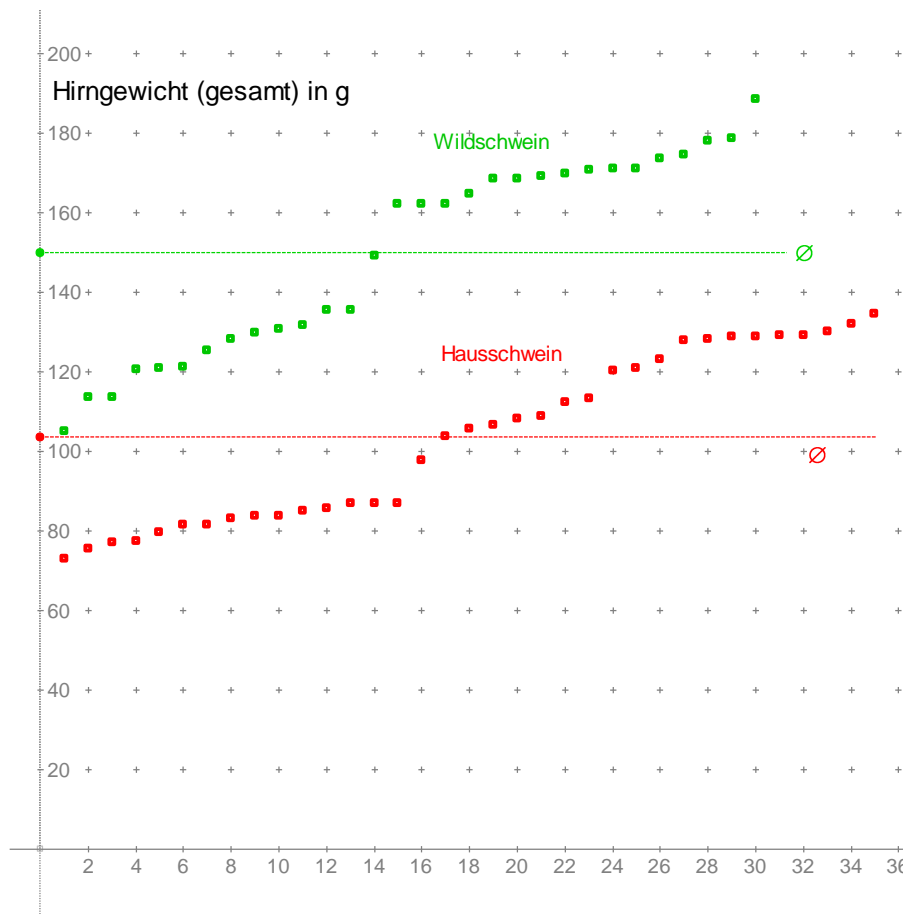


Abb. 26: Gesamthirngewichte von Hausschwein (rot) und Wildschwein (grün) als Kurve dargestellt. Die Kurve der Wildschweine liegt auf der Y-Achse höher, weil das Gesamthirngewicht größer ist. Dementsprechend liegt auch die Durchschnittsgerade höher.

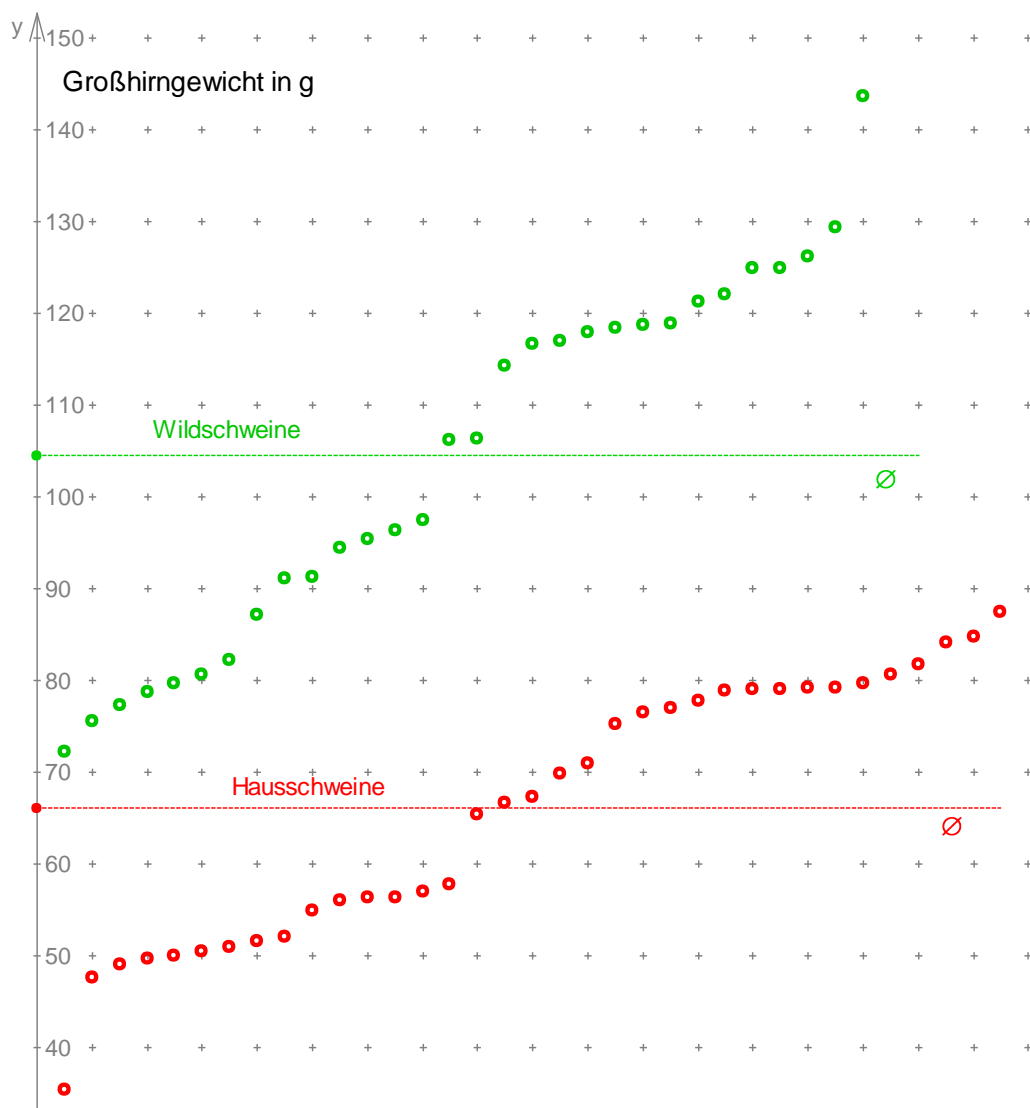


Abb. 27: Darstellung der Cerebrumgewichte der Hausschweine (rot) und der Wildschweine (grün).

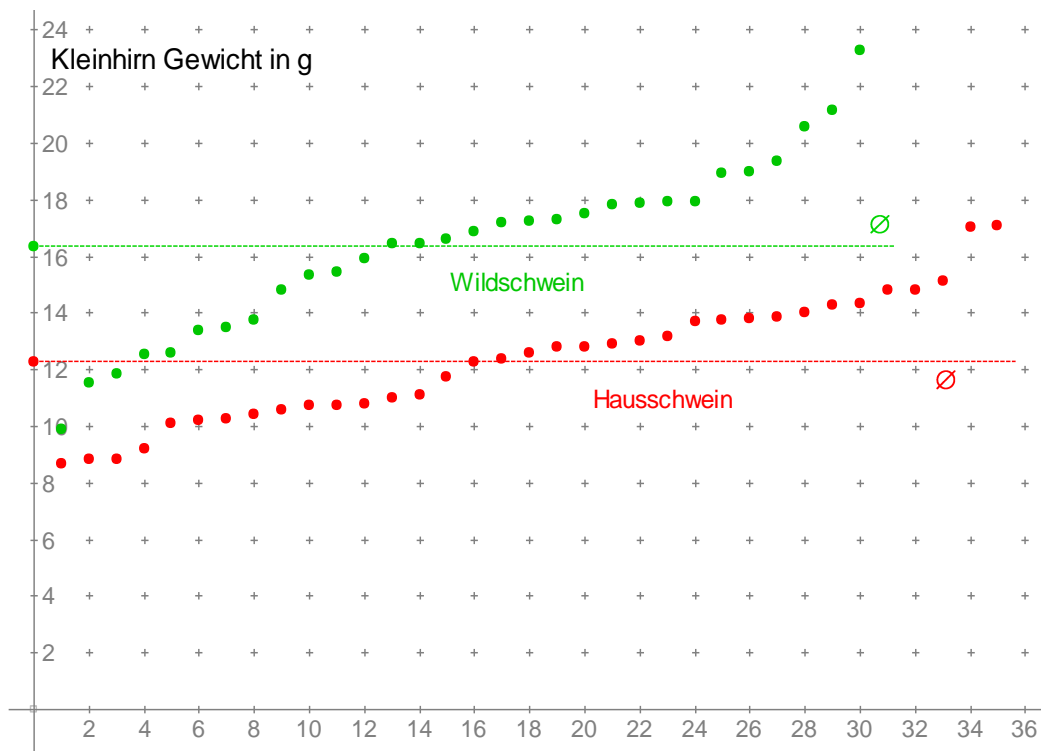


Abb. 28: Darstellung der Cerebellumgewichte von Hausschweinen (rot) und Wildschweinen (grün).

Die nachfolgenden zwei Tabellen nennen für jede Gruppe von Hausschweinen und Wildschweinen, die Bandbreite der Körpergewichte. Der Durchschnitt des Körpergewichts der ganzen Gruppe, wurde aus den Körpergewichten der Tiere berechnet, die für diese Doktorarbeit herangezogen wurden. Das durchschnittliche absolute Hirngewicht beschreibt das Gesamtgewicht der Gehirne von allen Tieren aus ihrer zugehörigen Gruppe. Das relative Hirngewicht deutet auf das Verhältnis zum Körpergewicht hin. Dafür sind zwei Angaben errechnet worden. Betrachtet man z.B. die Werte der Gruppe H 1, so ist das Verhältnis des Körpergewichts zum Hirngewicht 1: 302,69. Das Gehirn nimmt 0,33% des Gewichts des gesamten Körpers ein. In der letzten Zeile sind alle untersuchten Tiere zusammengefasst und deren Durchschnitte berechnet. Die Tatsache, dass beispielsweise das durchschnittliche Hirngewicht der Gruppe H 7 niedriger ist, als das der Gruppe H 5, liegt daran, dass für diese Gruppe nur ein Tier gewertet werden konnte. Gleiches gilt für die

Gruppen H 4 und H 6, daher haben sie eine begrenzte Aussagekraft, weil sie keine Durchschnitte angeben.

Gruppe	Gruppen-KGW (kg)	Ø Gruppen-KGW (kg)	Ø Absolutes HGW (g)	Relatives HGW	
				Ø KGW : HGW	Ø HGW in % des KGW
H 0	0 - 8	/	/	/	/
H 1	8 - 30	24,27	80,18	1 : 302,69	0,33
H 2	30 - 41	34,26	84,50	1 : 405,44	0,25
H 3	41 - 52	42,00	84,54	1 : 496,81	0,20
H 4	52 - 63	60,00	105,86	1 : 566,79	0,18
H 5	63 - 75	67,50	103,33	1 : 653,25	0,15
H 6	75 - 86	80,00	112,69	1 : 709,91	0,14
H 7	86 - 97	95,00	97,88	1 : 970,58	0,10
H 8	97 - 108	100,80	105,43	1 : 956,08	0,10
H 9	108 - 119	116,50	103,99	1 : 1120,30	0,09
H 10	119 - 130	124,43	109,51	1 : 1136,24	0,09
H 11	130 - 141	134,55	118,28	1 : 1137,55	0,09
H 12	> 141	149,35	127,24	1 : 1173,77	0,09
H 1 - H 12	8 - >141	85,72	102,79	1 : 802,45	0,15

Tab. 11: Durchschnittswerte der Hausschweingruppen.

Die Überschneidungen der Körpergewichte der Wildschweingruppen ergeben sich dadurch, dass jeweils die größte Spanne der Gewichtsangaben von männlichen und weiblichen Tieren gewählt wurde, um beide Geschlechter in der Wertung zu berücksichtigen.

Gruppe	Gruppen-KGW (kg)	Ø Gruppen-KGW (kg)	Ø Absolutes HGW (g)	Relatives HGW	
				Ø KGW : HGW	Ø HGW in % des KGW
W 0	0 - 8	/	/	/	/
W 1	8 - 12	7,83	110,12	1 : 71,10	1,41
W 2	16 - 32	14,31	121,36	1 : 117,91	0,85
W 3	36 - 48	23,93	128,13	1 : 186,76	0,54
W 4	44 - 60	31,78	146,94	1 : 216,28	0,46
W 5	48 - 80	44,00	162,47	1 : 270,82	0,37
W 6	80 - 108	54,22	165,70	1 : 327,22	0,31
W 7	92 - 120	63,00	174,16	1 : 361,74	0,28
W 8	108 - 140	71,90	171,64	1 : 418,90	0,24
W 9	> 128	84,17	177,72	1 : 473,61	0,21
W 1 - W 9	8 - > 128	43,90	150,92	1 : 290,88	0,34

Tab. 12: Durchschnittswerte der Wildschweingruppen.

VI. DISKUSSION

1. Umfang des Probenmaterials

Snell (Snell, 1892) postuliert, dass eine sehr hohe Anzahl an Proben Voraussetzung ist, um aussagekräftige Werte zu erhalten. Die Geltung eines Mittelwerts steigt mit der Anzahl der Individuen pro Gruppe. Dem wurde im Rahmen dieser Arbeit versucht, gerecht zu werden. Die Resultate bestätigen die Relevanz des großen Umfangs an Material. Selbst innerhalb der Gruppen, kam es zu erheblichen Gewichtsabweichungen.

2. Begriff/Bezugspunkt „Hausschwein“

In dieser Arbeit wurden die Gewichts- und Größenverhältnisse von Hausschweinen untersucht. Es galt u.a. zu klären, ob sich in den letzten Jahrzehnten eine Veränderung des Gehirns eingestellt hat, sprich die Angaben in der Literatur den aktuellen Stand wiedergeben. Ein Vergleich der bisher angegebenen Werte lässt eine gewisse Unschärfe offen, da in zahlreichen Publikationen das Hausschwein genannt wird, ohne genau auf die eingekreuzten Rassen einzugehen. Der Begriff „Hausschwein“, ist nicht taxonomisch klassifiziert und damit in seiner Verwendung wissenschaftlich unscharf.

Betrachtet man die Geschichte der Schweinezucht fällt auf, dass zum einen regionale Unterschiede der gekreuzten und damit für die Zucht verwendeten Schweinerassen für die Haustierhaltung bestehen und zum anderen die Wünsche der Verbraucher bei der Auswahl der eingekreuzten Rassen berücksichtigt wurden. Diese Wünsche waren jedoch im Laufe der Zeit Veränderungen unterworfen, was unterschiedliche Kreuzungen nach sich zog, denkt man alleine an die Vorliebe von Rassen mit starkem oder geringem Fettansatz. Demzufolge entsteht für den Vergleich von Angaben, gewonnen aus älteren Publikationen oder aus unterschiedlichen Regionen, mit jenen neuerem Datums, eine Unschärfe.

In dieser Arbeit wurden Schweine untersucht, die aus Kreuzungen von deutschem Edelschwein, deutscher Landrasse und Pietrain entstanden

sind. Diese wurden jenen in der Literatur als „Hausschweine“ bezeichneten Schweinen gleichgesetzt.

3. Auswahl der Vermessungspunkte

Im Katalog der Säugetiergehirne von Brauer und Schober (Brauer and Schober, 1970) werden die Gehirne in Länge, Breite und Höhe vermessen. Als Gesamthirnlänge dient die Strecke vom Vorderrand des *Bulbus olfactorius* zur *Decussatio pyramidum*. Als Hirnbreite wird die größte Breite des Großhirns und als Hirnhöhe, die größte Höhe des Gehirns, gemessen. Ferner werden Telencephalonlänge, Hemisphärenlänge, Hypothalamuslänge und Rhombencephalonlänge bestimmt. Das *Cerebellum* wird ebenfalls in Länge und Breite vermessen. Dazu wird die längste rostrodale Strecke in der Mediosagittalebene und die größte Cerebellumbreite ermittelt.

Wie im Kapitel Material und Methode bereits beschrieben, wurden abweichende Messpunkte verwendet. Zur Vervollständigung im Folgenden nochmal aufgeführt:

- Cerebrumlänge: Der rostrale Punkt liegt dorsokaudal des *Bulbus olfactorius*, an der Stelle, wo er dem *Cerebrum* am nächsten ist. Der kaudale Punkt befindet sich dorsorostral des Cerebellums, an der Stelle, an welcher dieses dem *Cerebrum* am nächsten liegt.
- Cerebrumhöhe: Die Vertikale wurde durch die weiteste Verbindung zwischen der Ventralseite des *Corpus callosum* und dem dorsalen *Cortex cerebri* gezogen.
- Cerebellumhöhe: Für die Vertikale des Cerebellums wurde der Abstand der *Fissura postculminata seu prima* bis zur Ventralseite des *Arbor vitae*, zum *Fastigium* (Dachkammer) bestimmt.
- Cerebellumlänge: Die Horizontale wurde auch wiederum an der breitesten Stelle, die sich auf der einen Seite im Bereich zwischen Culmen und *Lobus centralis* in der *Fissura praeculminata* (Spalte vor dem First) und auf der anderen Seite zwischen *Tuber vermis* und *Pyramis vermis* in der *Fissura secunda* (zweite Spalte) befindet, gemessen.

Die Wahl fiel auf diese Messpunkte, um die bestmöglichen Vergleichschancen zu haben, da die Form der Gehirne nie identisch ist. Bei der Messmethode von Brauer und Schober (Brauer and Schober, 1970) bleiben individuelle Formabweichungen unberücksichtigt. Diese müssen aber berücksichtigt werden, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

4. Vorüberlegungen zur statistischen Beurteilung

Ein großes Problem ergab sich bei der Entscheidung, das Hirngewicht mit dem Körpergewicht oder mit dem Alter zu vergleichen. Unsere Hausschweine nehmen durch die Mast und die Zuchtauswahl, zugunsten wuchsfreudiger Tiere mit schnellem Muskelansatz, sehr schnell an Körpermasse zu. Ein Typ mit hohem Fleischansatz wird bevorzugt. Bei Wildschweinen hingegen gibt es keine besondere Züchtung um eine schnelle Gewichtszunahme zu erreichen. Es geht um eine Selektion zugunsten widerstandsfähigerer Wildschweine mit größeren Überlebenschancen. Außerdem sind sie auf Futtermittel angewiesen, die sie in der Natur finden. Diese erreichen in der Regel nicht die Energiewerte, die im Mastfutter zu finden sind und somit wachsen die Wildschweine wesentlich langsamer. Das Futterangebot in freier Wildbahn ist außerdem sehr variabel, da es von Umweltfaktoren, wie z.B. Temperatur und Umgebung abhängig ist. So haben Wildschweine, die sich in der Nähe von beispielsweise Maisfeldern aufhalten, eine schnellere Gewichtszunahme, als Tiere, die sich vorwiegend von Wurzeln, Blättern und Ähnlichem ernähren, welche teils schwieriger zugänglich sind und somit auch größere körperliche Aktivität erfordern (persönliche Mitteilung Scholz (Scholz, 2016)). Als Beispiel seien hier zwei Tiere beschrieben, ein Wildschwein und ein Hausschwein (Nr.78 und 114 der Tab. 15). Beide sind männlich und 30 kg schwer. Das Hausschwein ist 12 Wochen, das Wildschwein 12 Monate alt. Da das Gehirn nicht so schnell an Masse zunimmt, wie der Körper, ist das des Wildschweins weiterentwickelt und wiegt 134,28 g, während das Gehirn des Masthybriden 78,38 g auf die Waage bringt. Am sinnvollsten wäre also eine Korrelation von Alter und Hirngewicht beim Wildschwein und eine von Körpergewicht und

Gehirngewicht beim Hausschwein festzustellen. Ein interspezifischer Vergleich wäre dann allerdings nicht aussagekräftig. Eine Korrelation messbarer Gewichte der Gehirne und den Körpergewichten von Wild- und Hausschweinen muss jedoch Grundlage dieser Untersuchung sein, weil die Korrelation zwischen Gehirngewichten und Lebensalter nicht zu verifizieren ist. Eine präzise und valide Altersbestimmung ist bei Wildschweinen ausgeschlossen. Selbst erfahrenen Förstern und Jägern ist nur eine Schätzung aufgrund des Gebisses, des Haarkleids und der Größe möglich. Für diese Dissertation standen ausschließlich Köpfe zur Verfügung und bei sehr vielen fehlte ein Teil des Kiefers, daher war die Altersschätzung anhand des Gebisses in der Regel nur begrenzt möglich. Auch das Haarkleid des restlichen Körpers konnte nicht beurteilt werden. Die Altersschätzung der untersuchten Wildschweine erfolgte hier durch eine Gewichtsschätzung anhand der Kopfgröße und wurde von erfahrenen Jägern ausgeführt. Mithilfe einer Tabelle von Herrn Prof. Dr. Scholz (Scholz, 2016) konnten nun die Körpergewichts- mit den Altersdaten in Verbindung gebracht werden. Im Folgenden seien diese nochmals aufgezeigt.

Gewicht (kg)	Alter weiblich	Alter männlich
5 - 10	Frischling (2-3 Monate)	Frischling (2-3 Monate)
10 - 20	Frischling (4-8 Monate)	Frischling (4-8 Monate)
20 - 30	Frischling (9-12 Monate)	Frischling (9-12 Monate)
30 - 40	Frischling/Überläufer (12-15 Monate)	Frischling/Überläufer (11-15 Monate)
40 - 50	Überläufer (13-20 Monate)	Frischling/Überläufer (12-20 Monate)
50 - 60	Überläufer/Bache (20-27 Monate)	Überläufer/Keiler (20-27 Monate)
60 - 70	Überläufer/Bache (23-30 Monate)	Überläufer/Keiler (23-30 Monate)
70 - 80	Bache (29-35 Monate)	Keiler (27-32 Monate)
80 - 90	Bache (>35 Monate)	Keiler (>32 Monate)

Tab. 13: Altersschätzung der Wildschweine nach persönlicher Mitteilung von Prof. Dr. Scholz (Scholz, 2016).

Das Alter der Hausschweine war bei 60 Tieren bekannt. Von den Schweinen, bei denen dieses nicht erfasst wurde, wurden allerdings Geschlecht und Körpergewicht übermittelt. Vom Letzteren konnten Rückschlüsse auf ihr Alter gezogen werden. Korrelationen von Körpergewicht und Alter sind annähernd genau zu bestimmen. Das Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV, 2015) informiert über produktionstechnische Kennwerte der Ergebnisse der Schweinemastkontrolle und nennt für 2014/15 Werte von 788 g als Tageszunahme, 30,3 kg als Gewicht zum Anfang der Mast, 121,9 kg als Gewicht zum Ende der Mast und 115 Tage als Mastdauer. Diese Werte sind erfasste Durchschnittswerte von 1291881 Schweinen aus Bayern. Aufgrund der Daten wurde eine Tabelle erstellt, die die Körpergewichte einem Alter zuordnet. Danach ist ein Hausschwein mit 120 kg 28 - 30 Wochen alt. Die Realität sieht jedoch anders aus. Heutzutage wird ein Mastschwein mit 100 - 120 kg KGW geschlachtet und ist zu dem Zeitpunkt zwischen fünf und sechs Monate alt. Es ist auffällig, dass die Angaben des

LKV (LKV, 2015) und die tatsächlich beobachteten Gewichte und Alter voneinander abweichen.

Alter (Wochen)	KGW (kg)
< 4	8
4 - 12	8 - 30
12 - 14	30 - 41
14 - 16	41 - 52
16 - 18	52 - 63
18 - 20	63 - 75
20 - 22	75 - 86
22 - 24	86 - 97
24 - 26	97 - 108
26 - 28	108 - 119
28 - 30	119 - 130
30 - 32	130 - 141

Tab. 14: Zuordnung des Alters zum Körpergewicht bei Hausschweinen, resultierend aus den Angaben des LKV (LKV, 2015).

5. Interspezifischer Vergleich

Ein interspezifischer Vergleich von absoluten und relativen Hirngewichten, fußt auf den Bezugspunkten Körpergewicht oder Alter. Um Hirngewichtsreduktionen beim Hausschwein nachweisen zu können, braucht man einen Vergleichspartner. In dieser Arbeit wurden hierfür europäische Wildschweine herangezogen. Die zu vergleichenden Tiere unterschiedlicher Art müssen gemeinsame Nenner vorweisen.

Anders, als die in der Literatur von Herre und Röhrs (Herre and Röhrs, 1990) beschriebenen 33,6%, ergaben unsere Forschungen eine Gewichtsreduktion des Gesamthirns von durchschnittlich 41,37%. Das

Gehirn der heutigen Hausschweine ist also kleiner, als das der untersuchten Hausschweine, die zu den Ergebnissen von 1990 führten. Es stellt sich die Frage nach der Ursache. Denkbar wäre zum einen, dass die Zucht der Mastschweine, deren Augenmerk auf Verbesserung des Fleischansatzes abzielt, ein Grund für die weitere Abnahme des Gehirns ist. Zum anderen könnte die derzeitige Massentierhaltung, mit z.B. wenig Platz pro Individuum, Weiterentwicklung des Futters oder geänderten Lichtprogrammen dafür verantwortlich sein. Eventuell spielt auch die reizarme Umgebung eine Rolle. Wenn das Gehirn nicht angemessen gefordert und diese Unterforderung zum Standard wird, ist nicht auszuschließen, dass eine Reduktion der Gehirnmasse stattfindet. Es ist auch denkbar, dass die Zunahme der Körpermasse in den letzten Jahrzehnten zu einer Reduktion des relativen Hirngewichts führte. Aufgrund der dichten Wurffolgen und der Wurfgrößen in der Fleischproduktion, sind Veränderungen schneller manifest und damit sichtbar.

Die, für diese Arbeit zur Verfügung stehenden Wildschweine, hatten ein maximales Körpergewicht von 88 kg. Vergleiche mit Hausschweinen, die über dieses Gewicht hinausgehen, konnten daher nicht gezogen werden. Eine Änderung des Reduktionswertes mit höherem Körpergewicht oder Alter ist denkbar, jedoch nicht sehr wahrscheinlich. Ein Hausschwein mit 88 kg hat ein Alter von ungefähr 22 - 24 Wochen. Mit älteren Tieren bis zum Schlachtagter von 28 - 29 Wochen ist ein Vergleich mit den Wildschweinen daher nicht möglich.

6. Geschlechtervergleich

Entgegen der Aussage von Snell (Snell, 1892), konnten keine signifikanten Differenzen zwischen männlichen und weiblichen Tieren festgestellt werden, weder beim Haus-, noch beim Wildschwein. Snell beschreibt bei männlichen Individuen ein höheres absolutes HGW, als bei weiblichen. Beim relativen HGW soll es sich anders herum verhalten. Er verallgemeinert seine Aussage und präzisiert sie nicht bezüglich einer bestimmten Gattung oder Art. Für das *Sus scrofa* und die, in dieser Arbeit untersuchten Masthybriden, gilt diese Regel offensichtlich nicht.

7. Lage- und Formveränderungen des Cerebellums

Das Phänomen, des bis zum *Foramen magnum* reichenden oder durch es hindurchziehenden Cerebellums des Hausschweins, wird in dieser Arbeit zum ersten Mal beschrieben. Der Raum, der dem Cerebellum im Schädel zur Verfügung steht, scheint bei einem Teil der Hausschweine zu klein zu sein, so dass es nach kaudal in den *Canalis spinalis* ausweicht. Hieraus ergibt sich die Frage, ob die knöchernen Strukturen oder das Cerebellum ursächlich für dieses Missverhältnis sind. Denkbar wäre auch, dass Veränderungen des Cerebrums daran beteiligt sind. Aufgrund der Literaturrecherche (s. Kapitel „Literaturübersicht“) ist eher davon auszugehen, dass die zuchtbedingten Veränderungen des Schädels dafür verantwortlich sind. Anlässlich der reizarmen Haltungsbedingungen und den geringen motorischen Herausforderungen der Mastschweine, scheint es unwahrscheinlich, dass das Cerebellum größer geworden ist. In der Literatur wird keine Erklärung gegeben. Die, in dieser Dissertation beschriebenen Lage- und Formvarianten, wurden dort bisher nicht erwähnt.

8. Mögliche Auswirkungen

Zu den Funktionen des Cerebellums gehören auch motorische und sensible Leistungen. Es scheint unwahrscheinlich, dass Veränderungen in diesem Maße, folgenlos bleiben und sich nicht in einer gestörten Motorik zeigen. Gründe dafür, dass nicht von einer veränderten Motorik gesprochen wird, könnten sein, dass die Masthybriden zu jung waren, um klinische Ausfälle zu zeigen oder klinisch auffällige Ferkel in der Regel ohne pathologische Befundung getötet werden.

Cohrs (Cohrs and Schulz, 1952) beschreibt eine Rindenaplasie am *Vermis*, von denen Böhme (Böhme, 2004) allerdings sagt, dass sie keine klinischen Auffälligkeiten nach sich ziehen.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen des Cerebellums und des Gesamthirns sollen intra- und interspezifische Vergleiche ermöglichen und erfolgten unter folgenden vier Gesichtspunkten:

- Form und Lage des Cerebellums

Die in dieser Doktorarbeit beschriebene Form und Lage des Cerebellums unterscheidet sich häufig von der in der Literatur beschriebenen. Die Untersuchungen erfolgten anhand 36 Haus- und 36 Wildschweinen. Das *Cerebellum* zeigte sich bei 66,67% des Untersuchungsmaterials länglich, bei 33,34% kugelig. Von den Cerebelli, die ein längliches Erscheinungsbild aufwiesen, zog bei 37,5% ein Teil des Cerebellums durch das *Foramen magnum* in den *Canalis spinalis*, bei 20,83% endete es an diesem und bei 41,67% zog es in Richtung *Foramen magnum*, erreichte es jedoch nicht. Die Mehrheit, 83,33%, der Wildschweincerebelli hatte eine längliche Form, 16,67% waren kugelig.

- Statistische Daten

Insgesamt standen 117 Hausschwein- und 93 Wildschweinköpfe zur Verfügung. Die Hausschweine hatten Körpergewichte von 14 bis 155 kg und waren im Alter von 4 bis über 32 Wochen. Ihre Cerebellumhöhen reichten von 22 bis 35 mm, die Cerebellumlängen von 13 bis 29 mm. Das *Cerebrum* erreichte Höhen von 42 bis 57 mm und Längen von 67 bis 85 mm. Die Körpergewichte der Wildschweine gingen von 8 bis 88 kg und deren Alter von 8 bis über 140 Wochen. Ihre Cerebelli waren zwischen 22 und 41 mm hoch und zwischen 16 und 34 mm breit. Die Cerebri wiesen eine Höhe von 42 bis 57 mm auf und eine Länge von 67 bis 85 mm.

- Geschlechtsvergleich in Bezug auf Hirngewicht

Es gibt keine Hinweise darauf, dass eines der Geschlechter grundsätzlich oder in einem bestimmten Alter ein höheres Hirngewicht besitzt. Die für diese Arbeit verwendeten Geschlechterpaare haben eine durchschnittliche Differenz von 1,26 g beim Hausschwein und 1,14 g beim Wildschwein, was bei einem Durchschnittshirngewicht von 93,27 g beim Hausschwein einen prozentualen Anteil von 1,35% und beim durchschnittlichen Hirngewicht der Wildschweine von 155,31 g einen prozentualen Anteil von 0,73% ausmacht und somit für uns vernachlässigbar ist.

- Vergleich der Gewichtsmessungen von Haus- und Wildschweinen

Um eine Hirngewichtsreduktion vom Wild- zum Hausschwein nachweisen zu können, wurden 18 Paare, jeweils bestehend aus einem Haus- und einem Wildschwein mit gleichem Körpergewicht, ausgewählt. So wurde ein interspezifischer Vergleich der Hirngewichte vorgenommen. Die Tiere hierfür besaßen Körpergewichte zwischen 14 und 80 kg. Es stellte sich heraus, dass die durchschnittliche Reduktion des Gesamthirngewichts 41,37% beträgt.

VIII. SUMMARY

Comparative morphometric studies on the brain of *Sus scrofa* and *Sus scrofa* f. *domestica*

The investigations of the *cerebellum* and the *cerebrum* were intended to make intra- and interspecific comparisons possible and were carried out under the following four aspects:

- Form and position of the *cerebellum*

The form and position of the *cerebellum* described in this doctoral thesis are often different from that described in the literature. This study was carried out with 36 domestic pigs and 36 wild boars. The *cerebellum* was found to be elongated in 66.67% of the specimen, and spherical in 33.34%. Of the cerebelli, which had an elongated appearance, 37.5% of the *cerebellum* passed through the *foramen magnum* into the *canalis spinalis*, at 20.83% it terminated, and 41.67% moved toward the *foramen magnum* but did not reach it. The majority, 83.33%, of the cerebelli of the wild boars had an elongated shape, 16.67% were spherical.

- Statistical data

A total of 117 domestic pigs and 93 wild boars were available. The domestic pigs had body weights of 14 to 155 kg and were between 4 and over 32 weeks. Their cerebellar heights ranged from 22 to 35 millimeters, and the cerebellar spikes from 13 to 29 millimeters. The *cerebrum* reached heights of 42 to 57 mm and its widths of 67 to 85 mm. The body weights of the wild boars went from 8 to 88 kg and their age from 8 to over 140 weeks. Their cerebelli were between 22 and 41 mm high and between 16 and 34 mm wide. The cerebri had a height of 42 to 57 mm and a width between 67 and 85 mm.

- Gender comparison in relation to brain weight

There is no evidence that one of the sexes is fundamentally or at a certain age a higher brain weight. The sex pairs used for this work have an average difference of 1.26 g for the domestic pig and 1.14 g for the wild boar, which for a mean brain weight of 93.27 g for domestic pigs is a percentage of 1.35% and for the average brain weight of wild boars of 155.31 g represents a percentage of 0.73% and thus is negligible for us.

- Comparison of the weight measurements of domestic pigs and wild boars

In order to be able to detect a reduction in the brain weight from wild to domestic pigs, 18 pairs, each consisting of a domestic pig and a wild boar with the same body weight, were selected. Thus an interspecific comparison of the brain weights was made. The animals had body weights between 14 and 80 kg. It turned out that the average reduction of the total weight of the whole body is 41.37%.

IX. LITERATURVERZEICHNIS

Annonym, 1932. Grundzüge der Schweinezucht Anno 1682. Z. Schweinez., Schweinemast, Schweinehaltung, 293-296.

Baer, J.G., 1964. Comparative anatomy of vertebrates. Butterworths, Oxford, Waltham.

Bährens, D., 1960. Über den Formwandel des Mustelidenschädels. Morph. Jb. 101, 279-369.

Behre, K.H., 1995. Landschaft und Landwirtschaft zur Zeit des Sachsenspiegels., In: Aus dem Leben gegriffen - ein Rechtsbuch spiegelt seine Zeit. Beiträge zur Wanderaussellung. Isensee Verlag, Oldenburg, 13-24.

Beinlich, B., van Rhemen, K., Hill, B.T., Poschlod, P., 2005. Das Schwein als Wegbegleiter des Menschen - ein kulturhistorischer Überblick. NNA-Berichte, 4-11.

Benecke, N., 1994. Der Mensch und seine Haustiere. Theiss-Verlag, Stuttgart.

Bentzien, U., 1983. Landbevölkerung und agrartechnischer Fortschritt in Mecklenburg vom Ende des 18. bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts. Akademie d. Wissenschaften der DDR, Berlin.

Berg, R., 1992. Bewegungsapparat der Haussäugetiere, In: in: Lehrbuch der Veterinär-Anatomie. Bd. 1. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 30-390.

Boessneck, J., 1983. Die Domestikation und ihre Folgen: Koll. zur frühen Mensch-Tier-Symbiose. Dt. Archäolog. Intitut, Bonn.

Boessneck, J., 1985. Die Domestikation und ihre Folgen. Tierärztl. Prax. 13, 479-497.

Bohlken, H., 1961. Haustiere und zoologische Systematik. Z. Tierzuchtungsbiol. Bd. 76, 107-113.

Böhme, G., 2004. Nervensystem. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, In: Nickel, Schummer, Seiferle. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Parey, Stuttgart, 2-384.

Bolk, L., 1906. Das Cerebellum der Säugetiere. T. Bohn, Jena & Haarlem.

Brade, W., Flachowsky, G., 2006. Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung - Empfehlung für die Praxis. FAL Agricultural Research Sonderheft 296.

Brauer, K., Schober, W., 1970. Katalog der Säugetiergehirne. Gustav Fischer, Jena.

Brun, R., 1917. Zur Kenntnis der Bildungsfehler des Kleinhirns. Schweiz Arch. Neurol. Psychiatr. 1, 48-105.

Busch, B., 2006. Schweinehaltung, In: Krankheitsursache Haltung. Enke Verlag, Stuttgart, 112-151.

Chowdhary, B.P., 1998. Cytogenetics and physical chromosome maps, In: The Genetics of the Pig. CAB International, Wallingford, 199-264.

Cohrs, P., Schulz, L.-C., 1952. Entwicklungsmechanisch bedingte partielle Aplasien der Rinde und von Windungsteilen des Kleinhirns beim Schwein. Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde Bd. 168, 134-141.

Cuvier, G., 1801. Du cerveau des mammifères. Lecons d'anatomie comparée.

Darwin, C., 1868. Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation. Schweizerbart, Stuttgart.

- Doll, M., 2003. Haustierhaltung und Schlachtsitten des Mittelalters und der Neuzeit, In: Internat. Archäologie. VML Verlag, Rahden.
- Dubois, E., 1897. Sur la raport du poids de l'encéphale avec la grandeur du corps chez les mammifères. Bull. Soc. d'Anthropol., 337-376.
- Dyce, K.M., Sack, W.O., Wensing, C.J.G., 2010. Textbook of veterinary anatomy. Saunders St Louis.
- Ebinger, P., 1973. Cytoarchitektonischer Volumenvergleich an Gehirnen von Wild- und Hausschafen. Dissertation TU Hannover.
- Eckard, J.G.v., 1934. Der künstliche Sauhirt. Z. Schweinez., 96-97.
- Epperlein, S., 2003. Bäuerliches Leben im Mittelalter. Böhlau, Köln.
- Falkenberg, H., Hammer, H., 2006a. Zur Geschichte und Kultur der Schweinezucht und -haltung; 1. Mitteilung: Domestikation und Verbreitung der Hausschweine in der Welt. Züchtungskunde, 55-68.
- Falkenberg, H., Hammer, H., 2006b. Zur Geschichte der Schweinezucht und Haltung 2. Mitt.: Schweinezucht und -haltung in Europa im Mittelalter. Züchtungskunde 78, 291-308.
- Falkenberg, H., Hammer, H., 2007. Zur Geschichte und Kultur der Schweinezucht und -haltung. 3. Mitt.: Schweinezucht und -haltung in Deutschland von 1650 bis 1900. Züchtungskunde 79, 92-110.
- Forssmann, W.G., Heym, C., 1985. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Forster, N., 1979. Schlemmen hinter Klostermauern. Komet, Frechen.

- Frauchiger, E., Fankhauser, R., 1957. Vergleichende Neuropathologie des Menschen und der Tiere. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Frei, W., Lubarsch, O., von Ostertag, R., 1928. Ergebnisse der allgemeinen Pathologie und pathologischen Anatomie des Menschen und der Tiere. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Frick, H., 1957. Betrachtungen über die Beziehungen zwischen Körpergewicht und Organgewicht. Z. für Säugetierkunde 22.
- Frick, H., Nord, H.-J., 1963. Domestikation und Hirngewicht. Anat. Anz. 11 113, 307-316.
- Friker, J., 2014. Anfertigung von Konservierungslösung, München.
- Friker, J., Zeiler, E., McDaniel, B.J., 2007. Vom Formalin zum Salz - Entwicklung und Einführung einer Konservierungslösung auf Salzbasis für anatomische Unterrichtspräparate. Tierärztliche Praxis 35, 243-248.
- Gerota, D., 1896. Ueber die Anwendung des Formols in der topographischen Anatomie. Anat. Anz. 11, 417-420.
- Gorgas, M., 1966. Betrachtung zur Hirnschädelkapazität zentralasiatischer Wildsäugetiere und ihrer Hausformen. Zool. Anz. 176, 227-235.
- Grönroos, H., 1898. Zusammenstellung der üblichen Conservierungsmethoden für Präpariersaalzwecke. Anat. Anz. 15, 61-84.
- Groves, C., Grubb, P., 2011. Ungulate Taxonomy. John Hopkins University Press, Baltimore.

Guerra-Pereira, M.L., 1977. Morphology and Terminology of the Cerebellum of Cattle, Sheep and Goats. Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol., 1-20.

Haller, A.v., 1762. Elementa physiologiae corporis humani.

Hammond, K., Leitch, H.W., 1998. Genetic resources and the global programme for their management, In: in: The genetics of the pig. CAB International, 405-426.

Haring, F., 1958. Fleischerzeugung und Schlachtwertbeurteilung in Deutschland, In: in: Handbuch der Tierzucht. Biologische Grundlagen der tierischen Leistung. Parey Verlag, Hamburg, Berlin, 235-247.

Hemmer, H., 1978. Geographische Variation der Hirngröße im *Sus scrofa*- und *Sus verrucosa*-Kreis (Beitrag zum Problem der Schweinedomestikation). Spixiana, 309-320.

Herre, W., 1952. Studien über die wilden und domestizierten Tylopoden Südamerikas. Zoologischer Garten N. F., 70-98.

Herre, W., Röhrs, M., 1990. Änderungen von Teilstrukturen des Gehirns bei Haussäugetieren, In: Haustiere - zoologisch gesehen. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, p. 285 ff.

Herre, W., Röhrs, M., 2013. Haustiere - zoologisch gesehen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

Herre, W., Thiede, U., 1965. Studien an Gehirnen südamerikanischer Tylopoden. Zool. Jb. Anat. 81, 155-176.

Hescheler, K.K., E., 1949. Die Tierwelt der prähistorischen Siedelungen der Schweiz. Urgeschichte der Schweiz I. Frauenfeld, Huber & Co. Aktiengesellschaft, Frauenfeld.

Hochstetter, F., 1943. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der kraniozerebralen Topographie des Menschen. Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien Band 106.

Hoffmann, D., 1981. Tickende "Eierlein" mit Schweineborsten, In: Neues Deutschland.

Hückinghaus, F., 1965. Craniometrische Untersuchungen an verwilderten Hauskaninchen von den Kerguelen. Z. wiss. Zool. 171, 183-196.

Hultkrantz, J.W., 1929. Gehirnpräparation mittels Zerfaserung. Springer-Verlag.

Huxley, J.S., 1932. Problems of relative growth. Methuen & Co Ltd, London.

Jakob, A., 1928. Handbuch der Mikroskopischen Anatomie des Menschen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Jaritz, G., Klenovec, C., Schipflinger, F., 2010. Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Alte Haustierrassen. Böhlau Verlag, Wien, Köln, Weimar.

Kaufmann, S., 2016. Tierzucht., http://www.planet-wissen.de/natur/tier_und_mensch/tierzucht/index.html

Kelm, H., 1938. Die postembryonale Schädelentwicklung des Wild- und Berkshireschweins. Z. Anat. Entwickl-Geschichte Bd. 108, 499-559.

Kelm, H., 1939. Zur Systematik der Wildschweine. Zschr. Tierzüchtug. u. Züchtungsbiol, 362-369.

Kirchhof, F., 1835. Die Schweinezucht, In: in: Das Ganze der Landwirtschaft theoretische und praktisch dargestellt. Wienbrack'sche Buchhandlung, Leipzig, 1-50.

Klatt, B., 1912. Über die Veränderung der Schädelkapazität in der Domestikation. Sitz. Ber. Ges. Naturforsch. Freunde; Berlin 3, 153-179.

Klatt, B., 1913. Über den Einfluß der Gesamtgröße auf das Schädelbild nebst Bemerkungen über die Vorgeschichte der Haustiere. Arch. Entw.-Mech. 36.

Klatt, B., 1921. Studien zum Domestikationsproblem. Bibliotheka Genetica Bd. 2.

Konold, W., 2008. Nutztiere in der Kulturlandschaft. Ber. Inst. Landschafts-Pflanzenökologie 171-188.

Krautfrost, W., 1975. Abstammung des Schweines und Entwicklung der Schweinerassen, In: in: Schwark. Internationales Handbuch Tierproduktion. Schweine. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 124-138.

Kruska, D., 1970a. Über die Evolution des Gehirns in der Ordnung Artiodactyla Owen, 1848, insbesondere der Teilordnung Suina Gray, 1868. Sonderdruck aus Z. f. Säugetierkunde 35, 214-238.

Kruska, D., 1970b. Veränderungen des Zentralnervensystems vom Wild- zum Hausschwein. Z. Anat. Entwickl-Geschichte.

Kruska, D., 1972. Volumenvergleich optischer Hirnzentren bei Wild- und Hausschweinen. Z. Anat. Entwickl-Geschichte 138, 265-282.

Kruska, D., 1973a. Domestikationsbedingte Größenänderungen verschiedener Hirnstrukturen bei Schweinen Domestikationsforschung und Geschichte der Haustiere, 135-140.

Kruska, D., 1973b. Cerebralisation, Hirnevolution und domestikationsbedingte Hirngrößenänderungen innerhalb der Ordnung Perissodactyla Owen, 1848 und ein

Vergleich mit der Ordnung Artiodactyla Owen, 1848. Z. f. zool. Systematik u. Evolutionsforschung Bd. 11.

Kruska, D., 1980. Domestikationsbedingte Hirngrößenänderungen bei Säugetieren. Z. zool. Syst. Evolut.-forsch. 18, 161-195.

Kurtén, B., 1954. Observations on Allometry in Mammalian Dentitions, its Interpretation and Evolutionary Significance. Acta Zool. Fennica. 85.

Lambertin, N., 1939a. Schädel des deutschen Edelschweines und veredelten Landschweines. Z. Anat. Entwickl-Geschichte Bd. 109, 693-789.

Lambertin, N., 1939b. Schädel von Schweinen verschiedener Rassen. Z. Schweinezucht, 364-367.

Lapicque, L., 1898. Sur la relation du poids de l'encéphale au poids du corps. Comptes rendus hebdomadaires des séances de la Société de Biologie.

Larsell, O., 1954. The development of the cerebellum of the pig. The anatomical Record 118, 107.

Lawrence, B., 1980. Evidences of animal domestication at Cayönü, In: in: Halet & Robert J. Braidwood. Cambel. Prehistoric resarch in southeastern Anatolia I. Joint Istanbul - Chicago Universities, Istambul, 257-308.

Liebich, H.G., König, H.E., 2012. Skelett des Stammes (Skeleton axiale), In: in: Anatomie der Haussäugetiere. Schattauer, Stuttgart, New York, 47-108.

Linnaei, C., 1758. Systema Nature. Impensis Direct.

Linzbach, A.J., 1955. Quantitative Biologie und Morphologie des Wachstums, In: in: Handbuch der allgemeinen Pathologie; Entwicklung Wachstum Geschwülste. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.

LKV, B., 2015. Schweinemast, In: Fleischleistungsprüfung in Bayern 2015. Ergebnisse und Auswertung. Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V., München, 16-46.

Lüps, P., 2010. Das Haller'sche Gesetz: oft zitiert. Mammalian Biology; Zeitschrift für Säugetierkunde 75, 577-579.

Metzner, T., 1996. Kleine und große Schweinereien im alten Wismar. SVZ-Magazin, 4.

Needham, J., 1942. Biochemistry and Morphogenesis. Cambridge University Press.

Nickel, R., Schummer, A., Wille, K.H., Wilkens, H., 2004. Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem. Kopfskelett, In: in: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bewegungsapparat. Parey Verlag, Stuttgart, 128-202.

Osterath, B., 2011. Der Lobus flocculonodularis. <https://www.dasgehirn.info/> accessed 19.07.2016.

Portmann, A., 1983. Einführung in die vergleichende Morphologie der Wirbeltiere. Schwabe.

Rawiel, F., 1940. Untersuchungen an Hirnen von Wild- und Hausschweinen. Z. Anat. Entwickl-Geschichte Bd. 110, 344-370.

Rawiel, F., 1941. Die Auswirkung der Domestikation am Großhirn des Schweines. Umschau Bd. 45, 245-246.

Reeve, E.C.R., Huxley, J.S., 1945. Some problems in the study of allometric growth, In: in: Essays on growth and form, Oxford.

Rempe, U., 1970. Morphometrische Untersuchungen an Iltisschädeln zur Klärung der Verwandtschaft von Steppeniltis, Waldiltis und Frettchen. Analyse eines "Grenzfalles" zwischen Unterart und Art. Z. wiss. Zool. 180, 185-366.

Rensch, B., 1947. Neue Probleme der Abstammungslehre. Die transspezifische Evolution. Enke Verlag, Stuttgart.

Rensch, B., 1948. Organproportionen und Körpergrösse bei Vögeln und Säugetieren. Zool. Jb. Abt. all. Zool. 61, 337-412.

Röhrs, M., 1959. Neue Ergebnisse und Probleme der Allometrieforschung. Z. wiss. Zool. 162, 1-95.

Röhrs, M., 1966. Vergleichende Untersuchungen zur Evolution der Gehirne von Edentaten. Z. zool. Syst. Evolut.-forsch. 4.

Röhrs, M., 1971. Quantitative Änderungen des Gehirns vom Wild- zum Haustier, In: International Symposium, Budapest.

Salomon, F.-V., 2015. Anatomie des Gehirns, In: in: Anatomie für die Tiermedizin. Enke Verlag, Stuttgart, 512-531.

Schirmer, A., 1955. Die sprichwörtlichen Redensarten im deutschen Volksmund. Brockhaus Verlag, Leipzig.

Schleifenbaum, C., 1973. Untersuchungen zur postnatalen Ontogenese des Gehirns von Großpudeln und Wölfen. Z. Anat. Entwickl.-gesch. 141, 179-205.

Scholz, A., 2016. Altersschätzung der Wildschweine, München.

Schuder, R., Hirsch, R., 1989. Der gelbt Fleck - Wurzeln und Wirken des Judenhasses in der deutschen Geschichte. PapyRossa, Berlin.

Schumacher, M., 1963. Quantitative Untersuchungen an Gehirnen mitteleuropäischer Musteliden. Journal f. Hirnforsch. Bd. 6, 137-163.

Schwarze, E., Schröder, L., 1965. Das Gehirn, Encephalon, In: in: Kompendium der Veterinär-Anatomie. Nervensystem Sinnesorgane. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 24-51.

Sigmund, L., 1968. Das Gehirn der Schliefer (Hyracoidea Huxley, 1869). Als anatomische Grundlage für den Vergleich mit den Ungulaten. Acta soc. zool. Bohemoslov 32, 262-271.

Sinowatz, F., 2010. Development of the Central an Peripheral Nervous System, In: in: Domestic Animal Embryology. Saunders Elsevier, Edinburgh, London, New York, Oxford, Philadelphia, St. Louis, Sydney, Toronto, 120ff.

Snell, O., 1892. Die Abhängigkeit des Hirngewichtes von dem Körpergewicht und den geistigen Fähigkeiten. Arch. Psychiatrie Bd. 23, 436-446.

Spektrum, 2000a. Spektrum der Wissenschaft; Lexikon der Neurowissenschaft. <http://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/> accessed 05.05.2016.

Spektrum, 2000b. Spektrum der Wissenschaft; Lexikon der Neurowissenschaft accessed 05.05.2016.

Spektrum, 2000c. Spektrum der Wissenschaft; Lexikon der Neurowissenschaft accessed 05.05.2016.

Starck, D., 1962. Die Evolution des Säugetiergehirns. Steiner, Wiesbaden.

Starck, D., 1978. Die Bedeutung der Größenbeziehungen, Proportionen, Allometrie, in: Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 25-28.

Starck, D., 1982. Centralnervensystem, In: in: Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere auf evolutionsbiologischer Grundlage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 281-497.

Stoffel, M.H., 2011. Gehirn, In: in: Funktionelle Neuroanatomie für die Tiermedizin. Enke Verlag, Stuttgart.

Teichert, M., 1970. Größenveränderungen der Schweine vom Neolithikum bis zum Mittelalter. Arch. Tierz., 229-240.

Voigt, F.S., 1835. Das Schweinegeschlecht, in: Lehrbuch der Zoologie. Schweizerbart's Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 446-450.

von den Driesch, A., Peters, J., 2003. Geschichte der Tiermedizin. Schattauer Verlag, Stuttgart, New York.

Weidemann, W., 1970. Vergleichende Untersuchungen an Gehirnen südamerikanischer Nagetiere. Z. wiss. Zool. 181, 66-139.

Wiesner, E., Ribbeck, R., 2000. Wörterbuch der Veterinärmedizin. Gustav Fischer Verlag, Jena.

www.blikk.it, 2009. Allometrie.

<http://www.blikk.it/angebote/primarmathe/ma9326.htm> accessed 22.02.2017.

Zietschmann, O., 1985. Das Kopfskelett, In: in: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 49-118.

Zorn, W., 1954. Die Entwicklung der Mastfähigkeit bei Schweinen in Deutschland. Ulmer Verlag, Stuttgart.

X. ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abb. 1: Taxonomie der Schweine (Chowdhary, 1998)	4
Abb. 2: Verbreitungsgebiet des Wildschweins nach Kelm (Kelm, 1939); Hescheler und Kuhn (Hescheler, 1949)	5
Abb.3: Das Exterieur und die Widerristhöhe der Schweine vom Beginn der Domestikation bis zur Gegenwart; in Anlehnung an Teichert (Teichert, 1970)	12
Abb. 4: Korrelation von Körpergewicht und Körperoberfläche bei Maus und Wal; in Anlehnung an blick.it (www.blick.it , 2009)	17
Abb. 5: Die Abschnitte des Gehirns (Salomon, 2015)	21
Abb. 6: Einteilung des Gehirns (Starck, 1982)	21
Abb. 7: Das <i>Cerebellum</i> eines <i>Sus scrofa</i> (Bolk, 1906)	24
Abb. 8: Das <i>Cerebellum</i> eines <i>Sus scrofa</i> (Cohrs and Schulz, 1952)	24
Abb. 9: Das <i>Cerebellum</i> (Larsell, 1954)	25
Abb. 10: Zeichnung des Gehirns eines <i>Sus scrofa</i> f. <i>domestica</i> (Brauer and Schober, 1970)	32
Abb. 11: Zeichnung des Gehirns eines <i>Sus s. scrofa</i> Linné 1758 (Brauer and Schober, 1970)	33
Abb. 12a - c: Absetzen eines fixierten Cerebellums	34
Abb. 13: Kopfhälfte des Hausschweins Nr.002 mit 27 kg KGW; Das <i>Cerebellum</i> tritt durch das <i>Foramen magnum</i> in den <i>Canalis spinalis</i>	40
Abb. 14: Kopfhälfte des Hausschweins Nr. 039 mit 155 kg KGW; Das <i>Cerebellum</i> tritt durch das <i>Foramen magnum</i> in den <i>Canalis spinalis</i>	40
Abb. 15: Kopfhälfte des Hausschweins Nr. 014 mit 31 kg KGW; Das <i>Cerebellum</i> tritt durch das <i>Foramen magnum</i> in den <i>Canalis spinalis</i>	41

Abb. 16: Kopfhälfte eines Hausschweins Nr. 016 mit 26 kg KGW; Das <i>Cerebellum</i> liegt in der Schädelhöhle, erreicht das <i>Foramen magnum</i> , tritt jedoch nicht hindurch	41
Abb.17: Kopfhälfte eines Hausschweins Nr. 046 mit 154 kg KGW; Das <i>Cerebellum</i> liegt in der Schädelhöhle, erreicht das <i>Foramen magnum</i> , tritt jedoch nicht hindurch	42
Abb. 18: Kopfhälfte eines Hausschweins Nr. 194 mit 156 kg KGW; Das <i>Cerebellum</i> liegt in der Schädelhöhle und erreicht das <i>Foramen magnum</i> nicht	42
Abb. 19: Kopfhälfte eines Hausschweins Nr. 192 mit 149 kg KGW; Das <i>Cerebellum</i> liegt in der Schädelhöhle und erreicht das <i>Foramen magnum</i> nicht	43
Abb. 20: Latexmodell eines Hausschweingehirns	46
Abb. 21: Schädel mit geöffnetem <i>Cavum cranii</i>	50
Abb. 22: Die Graphik zeigt die Gesamthirngewichte von Hausschwein und Wildschwein und die Körpergewichte von Haus- und Wildschwein	53
Abb. 23: Hirngewichte nach Körpergewichten sortiert. Die Graphik stellt die Gesamthirngewichte und die Cerebellumgewichte von Haus- und Wildschwein dar und unterscheidet zusätzlich die Geschlechter	54
Abb. 24: Verhältnis von <i>Cerebrum</i> zu <i>Cerebellum</i> . Hausschweine, Wildschweine	55
Abb. 25: Vergleich der Hirngewichte des Gesamthirns, des Cerebellums und des Cerebrums von Hausschweinen und Wildschweinen	56
Abb. 26: Gesamthirngewichte von Hausschwein und Wildschwein als Kurve dargestellt	57
Abb. 27: Darstellung der Cerebrumgewichte der Hausschweine und der Wildschweine	58
Abb. 28: Darstellung der Cerebellumgewichte von Hausschweinen und Wildschweinen	59

- Abb. 29: Beispiel für ein *Cerebellum*, das bis zum *Foramen magnum* reicht; Schwein Nr. 206 mit 14 kg 101
- Abb. 30: Beispiel für ein *Cerebellum*, das das *Foramen magnum* nicht erreicht; Schwein Nr. 196 mit 159 kg 101
- Abb. 31: Beispiel für ein *Cerebellum*, das durch das *Foramen magnum* in den *Canalis spinalis* eintritt; Schwein Nr. 003 mit 32 kg 102
- Abb. 32: Beispiel für ein *Cerebellum*, das das *Foramen magnum* nicht erreicht; Schwein Nr. 072 mit 40 kg 102

Tab. 1: Gruppeneinteilung der Hausschweine	35
Tab. 2: Gruppeneinteilung der Wildschweine	36
Tab. 3: HGW vor und nach der Fixierung	38
Tab. 4: Datensammlung der Wildschweine mit Höhen und Längen ihrer Cerebelli und Cerebri	44
Tab. 5: Datensammlung der Hausschweine mit Höhen und Längen ihrer Cerebelli und Cerebri	45
Tab. 6: HGW im Geschlechtervergleich beim Hausschwein	47
Tab. 7: HGW im Geschlechtervergleich beim Wildschwein	48
Tab. 8: Paare von Haus- und Wildschwein mit gleichem KGW	49
Tab. 9: Multifaktorielle Analyse	51
Tab. 10: Formparameter in Bezug auf Signifikanz und Regressionsgleichungen	52
Tab. 11: Durchschnittswerte der Hausschweingruppen	60
Tab. 12: Durchschnittswerte der Wildschweingruppen	60
Tab. 13: Altersschätzung der Wildschweine nach persönlicher Mitteilung von Prof. Dr. Scholz (Scholz, 2016)	64
Tab. 14: Zuordnung des Alters zum Körpergewicht bei Hausschweinen, resultierend aus den Angaben des LKV (LKV, 2015)	65
Tab. 15: Übersichtstabelle der untersuchten Tiere	88
Tab. 16: Hausschweine für Graphiken	98
Tab. 17: Wildschweine für Graphiken	100

XI. ANHANG

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
001	HS	w	30 - 32	134	108,26	H 11
002	HS	w	4 - 12	27	83,78	H 1
003	HS	m	12 - 14	32	86,89	H 2
004	HS	w	> 32	141	127,89	H 12
005	HS	w	22 - 24	95	97,88	H 7
006	HS	w	12 - 14	34	85,63	H 2
007	HS	w	> 32	152	129,12	H 12
008	HS	m	30 - 32	138	134,48	H 11
009	HS	w	4 - 12	28	86,92	H 1
010	HS	m	26 - 28	115	103,94	H 9
011	HS	m	4 - 12	28	77,57	H 1
012	HS	m	28 - 30	128	106,60	H 10
013	HS	w	> 32	145	128,99	H 12
014	HS	m	12 - 14	31	77,10	H 3
015	HS	w	30 - 32	139	113,36	H 11
016	HS	m	4 - 12	26	81,52	H 1
017	HS	w	4 - 12	27	83,19	H 1
018	HS	w	30 - 32	132	128,29	H 11
019	WS	w	16 - 32	10	105,21	W 2
020	WS	w	16 - 32	17	135,60	W 2

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
021	WS	w	92 - 120	60	188,60	W 7
022	WS	m	16 - 32	15	128,35	W 2
023	WS	m	92 - 120	60	169,74	W 7
024	WS	m	92 - 120	65	171,00	W 7
025	WS	m	8 - 12	8	113,78	W 1
026	WS	m	44 - 60	30	130,74	W 4
027	WS	w	80 - 108	55	162,21	W 6
028	WS	w	36 - 48	20	135,46	W 3
029	WS	w	48 - 60	30	149,37	W 4
030	WS	w	36 - 48	21	129,88	W 3
031	WS	w	48 - 60	33	162,38	W 4
032	WS	m	80 - 108	55	173,80	W 6
033	WS	w	116 - 140	75	169,20	W 8
034	WS	w	52 - 80	45	162,16	W 5
035	WS	m	> 128	80	168,48	W 9
036	WS	m	108 - 128	70	170,80	W 8
037	WS	w	36 - 48	28	120,93	W 3
038	WS	m	108 - 128	70	171,00	W 8
039	HS	w	> 32	155	123,04	H 12
040	HS	w	28 - 30	120	112,25	H 10
041	WS	w	92 - 120	60	178,76	W 7
042	HS	w	> 32	150	130,06	H 12

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
043	HS	w	> 32	145	128,95	H 12
044	HS	w	> 32	149	125,33	H 12
045	HS	m	> 32	140	132,00	H 12
046	HS	w	> 32	154	120,92	H 12
047	HS	w	> 32	152	129,12	H 12
048	WS	w	92 - 120	60	174,78	W 7
049	WS	m	36 - 48	28	120,63	W 3
050	HS	m	> 32	145	120,30	H 12
051	HS	m	16 - 18	60	105,86	H 4
052	WS	w	80 - 108	55	168,86	W 6
053	HS	m	24 - 26	100	108,90	H 8
054	WS	m	> 128	85	178,03	W 9
055	WS	w	36 - 48	23	125,54	W 3
056	HS	m	4 - 12	25	81,66	H 1
057	WS	w	16 - 32	18	113,54	W 2
058	HS	w	4 - 12	25	83,71	H 1
059	HS	w	4 - 12	17	73,12	H 1
060	WS	w	36 - 48	21	121,28	W 3
061	HS	m	4 - 12	22	86,97	H 1
062	HS	m	14 - 16	43	79,71	H 3
063	WS	w	36 - 48	21	131,76	W 3
064	HS	m	4 - 12	20	75,42	H 1

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
065	WS	w	52 - 80	46	164,71	W 5
066	HS	w	4 - 12	22	84,97	H 1
067	HS	m	4 - 12	25	77,61	H 1
068	WS	w	36 - 48	24	135,74	W 3
069	HS	w	4 - 12	24	80,93	H 1
070	HS	w	4 - 12	22	76,71	H 1
071	HS	w	12 - 14	32	84,37	H 2
072	HS	w	12 - 14	40	87,03	H 2
073	HS	m	12 - 14	33	81,54	H 2
074	HS	w	12 - 14	31	82,06	H 2
075	HS	w	12 - 14	33	79,89	H 2
076	HS	w	12 - 14	35	82,73	H 2
077	HS	w	4 - 12	20	71,12	H 1
078	HS	m	12 - 14	30	78,38	H 2
079	HS	w	12 - 14	34	81,08	H 2
080	HS	m	12 - 14	30	83,18	H 2
081	HS	m	12 - 14	35	84,02	H 2
082	HS	w	12 - 14	40	89,56	H 2
083	HS	m	4 - 12	27	78,81	H 1
084	HS	w	12 - 14	40	83,76	H 2
085	HS	w	4 - 12	29	79,94	H 1
086	HS	m	12 - 14	34	80,72	H 2

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
087	HS	w	18 - 20	65	86,46	H 5
088	HS	w	12 - 14	33	87,08	H 2
089	HS	w	12 - 14	38	90,16	H 2
090	HS	m	4 - 12	24	77,23	H 1
091	HS	w	4 - 12	29	80,37	H 1
092	HS	m	12 - 14	34	83,65	H 2
093	HS	w	12 - 14	33	87,11	H 2
094	HS	w	12 - 14	33	85,56	H 2
095	HS	m	12 - 14	35	83,22	H 2
096	HS	w	12 - 14	38	84,48	H 2
097	HS	w	12 - 14	32	86,17	H 2
098	HS	w	12 - 14	34	82,37	H 2
099	HS	m	12 - 14	38	85,72	H 2
100	HS	w	4 - 12	26	80,93	H 1
101	HS	w	4 - 12	27	85,52	H 1
102	HS	m	12 - 14	31	82,74	H 2
103	HS	w	12 - 14	38	87,28	H 2
104	HS	w	14 - 16	41	89,36	H 3
105	HS	w	12 - 14	40	90,61	H 2
106	HS	m	12 - 14	37	87,88	H 2
107	HS	w	12 - 14	30	81,27	H 2
108	HS	w	4 - 12	28	82,94	H 1

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
109	HS	m	4 - 12	24	78,63	H 1
110	WS	w	8 - 12	9	110,32	W 1
111	WS	w	16 - 32	16	117,91	W 2
112	WS	m	44 - 60	35	152,16	W 4
113	WS	w	116 - 140	74	179,87	W 8
114	WS	m	44 - 60	30	134,28	W 4
115	WS	w	52 - 80	44	168,18	W 5
116	WS	w	36 - 48	24	126,11	W 3
117	WS	w	> 140	85	181,78	W 9
118	WS	w	116 - 140	74	173,42	W 8
119	WS	w	80 - 108	56	162,02	W 6
120	WS	w	92 - 120	63	169,17	W 7
121	WS	w	48 - 60	38	158,62	W 4
122	WS	w	16 - 32	12	107,25	W 2
123	WS	m	80 - 108	52	169,72	W 6
124	WS	w	52 - 80	40	160,92	W 5
125	WS	w	92- 120	65	162,43	W 7
126	WS	w	8 - 12	7	102,74	W 1
127	WS	w	116 - 140	71	174,36	W 8
128	WS	m	48 - 80	48	165,24	W 5
129	WS	w	36 - 48	22	124,46	W 3
130	WS	w	> 140	88	186,21	W 9

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
131	WS	m	92 - 120	68	171,62	W 7
132	WS	w	> 140	82	178,98	W 9
133	WS	w	36 - 48	28	127,27	W 3
134	WS	w	16 - 32	14	115,84	W 2
135	WS	m	8 - 12	8	108,36	W 1
136	WS	m	36 - 48	26	119,93	W 3
137	HS	w	30 - 32	130	106,11	H 11
138	HS	w	30 - 32	138	119,78	H 11
139	HS	w	> 32	148	128,72	H 12
140	HS	m	30 - 32	132	120,09	H 11
141	HS	m	28 - 30	128	111,36	H 10
142	HS	w	29 - 30	120	104,64	H 10
143	HS	w	28 - 30	125	108,54	H 10
144	HS	m	30 - 32	130	106,82	H 11
145	HS	w	30 - 32	135	117,13	H 11
146	HS	w	26 - 28	118	104,03	H 9
147	HS	m	28 - 30	127	112,61	H 10
148	HS	w	24 - 26	101	99,47	H 8
149	HS	w	12 - 14	33	87,25	H 2
150	HS	w	4 - 12	27	82,23	H 1
151	HS	m	12 - 14	34	87,69	H 2
152	HS	m	12 - 14	30	81,76	H 2

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
153	HS	w	4 - 12	26	82,65	H 1
154	HS	w	4 - 12	22	78,16	H1
155	HS	m	4 - 12	22	74,23	H1
156	WS	w	16 - 32	18	138,17	W 2
157	WS	w	16 - 32	16	131,59	W 2
158	WS	w	16 - 32	12	118,77	W 2
159	WS	m	16 - 32	14	127,24	W 2
160	WS	w	16 - 32	10	108,17	W 2
161	WS	w	8 - 12	7	114,31	W 1
162	WS	w	8 - 12	8	111,20	W 1
163	WS	w	16 - 32	14	130,08	W 2
164	WS	m	92 - 120	60	173,87	W 7
165	WS	w	92 - 120	65	181,34	W 7
166	WS	w	92 - 120	65	169,98	W 7
167	WS	w	92 - 120	65	178,61	W 7
168	WS	m	80 - 108	55	167,85	W 6
169	WS	w	80 - 108	55	163,73	W 6
170	WS	w	80 - 108	50	158,49	W 6
171	WS	m	44 - 60	30	142,70	W 4
172	WS	w	48 - 60	30	146,85	W 4
173	WS	w	36 - 48	20	133,12	W 3
174	WS	w	36 - 48	25	131,53	W 3

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
175	WS	w	36 - 48	28	138,27	W 3
176	WS	m	44 - 60	30	145,39	W 4
177	WS	w	52 - 80	45	160,33	W 5
178	WS	w	> 140	85	172,84	W 9
179	WS	w	116 - 140	70	163,74	W 8
180	WS	m	108 - 128	75	170,15	W 8
181	WS	w	52 - 80	40	155,78	W 5
182	WS	m	108 - 128	70	170,08	W 8
183	WS	w	116 - 140	70	173,81	W 8
184	WS	w	80 - 108	55	164,58	W 6
185	HS	w	> 32	155	120,37	H 12
186	HS	w	> 32	145	116,60	H 12
187	HS	w	28 - 30	123	110,54	H 10
188	HS	w	30 - 32	132	115,72	H 11
189	HS	m	> 32	142	131,92	H 12
190	HS	m	> 32	145	121,00	H 12
191	HS	w	> 32	151	128,97	H 12
192	HS	w	> 32	149	126,61	H 12
193	HS	w	30 - 32	140	131,03	H 11
194	HS	m	> 32	156	132,50	H 12
195	HS	w	> 32	154	129,93	H 12
196	HS	w	> 32	159	133,56	H 12

fortl. Nr.	Rasse	Geschl.	Alter (Wochen)	Körpergewicht (kg)	Hirngewicht (g)	Gruppe
197	HS	w	18 - 20	64	104,73	H 5
198	HS	w	24 - 26	100	107,61	H 8
199	HS	m	24 - 26	106	109,07	H 8
200	HS	w	24 - 26	97	102,11	H 8
201	HS	w	4 - 12	24	80,55	H 1
202	HS	m	4 - 12	26	82,68	H 1
203	HS	w	4 - 12	25	82,57	H 1
204	HS	w	4 - 12	27	84,32	H 1
205	HS	w	4 - 12	16	71,17	H 1
206	HS	w	4 - 12	14	68,65	H 1
207	HS	w	18 – 20	73	111,82	H 5
208	HS	w	18 - 20	68	106,27	H 5
209	HS	w	18 - 20	64	108,77	H 5
210	HS	m	20 - 22	80	112,69	H 6

Tab. 15: Übersichtstabelle der untersuchten Tiere.

KGW (kg)	17	20	22	22	25	25	26
Gesamth. (g)	73,12	75,42	84,97	86,97	81,66	83,71	81,52
Kleinh. (g)	8,86	8,82	10,21	10,75	10,81	11,02	10,24
Großh. (g)	51,63	47,60	56,11	56,43	35,39	49,06	57,72
Klein : Groß	1 : 5,83	1 : 5,40	1 : 5,50	1 : 5,25	1 : 3,32	1 : 4,45	1 : 5,64
KGW (kg)	27	27	28	28	31	32	34
Gesamth. (g)	83,78	83,19	86,92	77,57	77,10	86,89	85,63
Kleinh. (g)	10,60	10,10	10,74	10,43	8,69	11,76	11,09
Großh. (g)	56,40	54,96	57,03	49,95	50,98	50,49	49,73
Klein : Groß	1 : 5,32	1 : 5,44	1 : 5,31	1 : 4,79	1 : 5,87	1 : 4,29	1 : 4,48
KGW (kg)	43	60	95	100	115	120	128
Gesamth. (g)	79,71	105,86	97,88	108,9	103,94	112,25	106,60
Kleinh. (g)	9,23	12,29	12,92	13,7	13,78	17,09	14,02
Großh. (g)	52,11	66,62	65,43	77,07	67,33	75,24	78,85
Klein : Groß	1 : 5,65	1 : 5,42	1 : 5,06	1 : 5,63	1 : 4,89	1 : 4,40	1 : 5,62
KGW (kg)	132	134	138	139	140	141	145
Gesamth. (g)	128,29	108,26	134,48	113,36	132,0	127,89	120,3
Kleinh. (g)	14,30	14,82	13,89	12,58	15,15	13,02	14,36
Großh. (g)	81,72	79,62	84,06	69,90	87,43	77,83	80,70
Klein : Groß	1 : 5,72	1 : 5,37	1 : 6,05	1 : 5,56	1 : 5,77	1 : 5,98	1 : 5,62
KGW (kg)	145	145	149	150	152	154	155
Gesamth. (g)	128,99	128,95	130,06	129,12	129,48	120,92	123,04
Kleinh. (g)	12,36	13,82	13,19	12,78	12,87	14,83	17,02
Großh. (g)	79,00	84,81	71,02	79,14	79,68	76,49	79,09
Klein : Groß	1 : 6,39	1 : 6,14	1 : 5,38	1 : 6,19	1 : 6,19	1 : 5,16	1 : 4,65

Tab. 16: Hausschweine für Graphiken.

Median (Zentralwert): 100 kg; Streubreite: 138 kg; arithmetisches Mittel:
86,97 kg

KGW (kg)	8	10	15	17	18	20	21
Gesamth. (g)	113,78	105,21	128,37	135,6	113,54	135,46	121,28
Kleinh. (g)	13,4	11,52	14,81	15,33	11,84	15,95	12,53
Großh. (g)	78,7	79,66	91,06	96,32	72,28	97,48	77,35
Klein : Groß	1 : 5,87	1 : 6,87	1 : 6,15	1 : 6,28	1 : 6,15	1 : 6,11	1 : 6,17
KGW (kg)	21	21	23	28	28	30	30
Gesamth. (g)	131,76	129,88	125,54	120,63	120,93	130,74	149,37
Kleinh. (g)	9,9	13,77	15,43	13,5	12,8	16,88	19
Großh. (g)	75,64	95,42	80,69	87,19	82,29	94,44	106,23
Klein : Groß	1 : 5,82	1 : 6,92	1 : 5,23	1 : 6,46	1 : 6,43	1 : 6,11	1 : 5,59
KGW (kg)	33	45	46	55	55	55	60
Gesamth. (g)	162,38	162,16	164,71	162,21	168,86	173,8	174,78
Kleinh. (g)	16,45	18,95	17,81	17,3	16,44	21,18	23,26
Großh. (g)	114,23	118,5	91,21	118,91	121,35	122	116,75
Klein : Groß	1 : 6,94	1 : 6,25	1 : 5,12	1 : 6,87	1 : 7,38	1 : 5,76	1 : 5,02
KGW (kg)	60	60	60	65	70	70	75
Gesamth. (g)	178,76	169,74	188,6	171	170,8	172,2	169,2
Kleinh. (g)	16,64	17,24	19,35	17,92	17,5	18,81	17,9
Großh. (g)	106,44	126,15	143,6	124,98	118,7	125,98	118
Klein : Groß	1 : 6,4	1 : 7,32	1 : 7,42	1 : 6,97	1 : 6,78	1 : 7,15	1 : 6,59
KGW (kg)	80	85					
Gesamth. (g)	168,48	178,03					
Kleinh. (g)	20,6	17,2					
Großh. (g)	117	129,4					
Klein : Groß	1 : 5,67	1 : 7,52					

Tab. 17: Wildschweine für Graphiken.

Median (Zentralwert): 39 kg; Streubreite: 77 kg; arithmetisches Mittel:
41,47 kg



Abb. 29: Beispiel für ein *Cerebellum*, das bis zum *Foramen magnum* reicht; Schwein Nr. 206 mit 14 kg.



Abb. 30: Beispiel für ein *Cerebellum*, das das *Foramen magnum* nicht erreicht; Schwein Nr. 196 mit 159 kg.

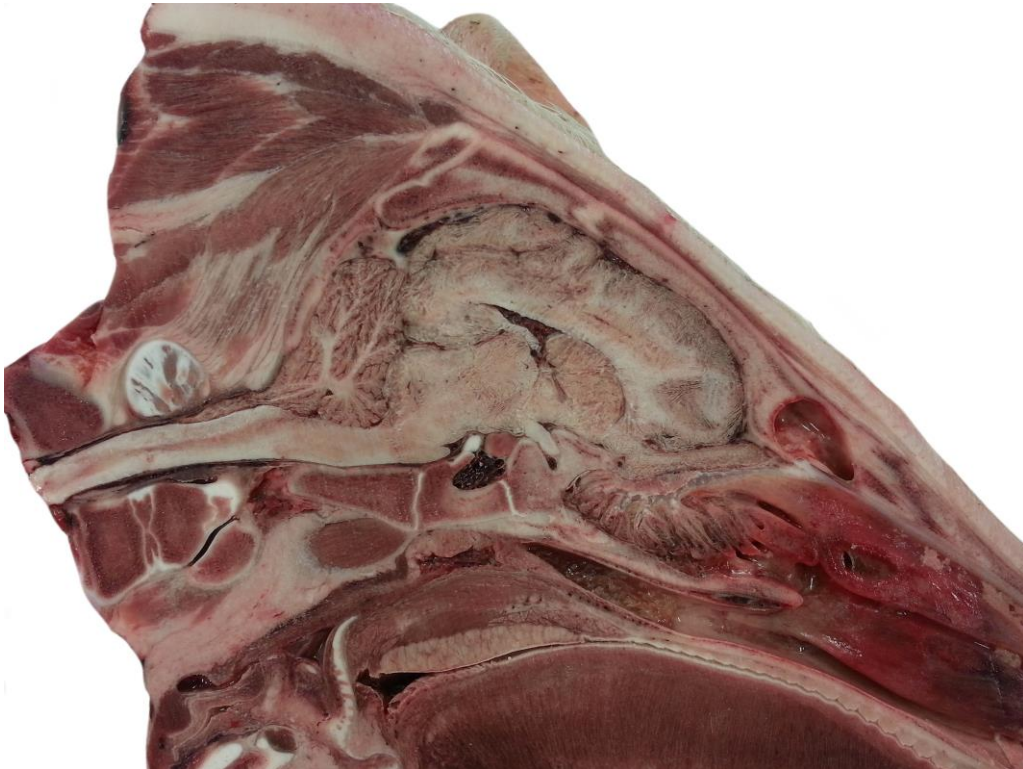


Abb. 31: Beispiel für ein *Cerebellum*, das durch das *Foramen magnum* in den *Canalis spinalis* eintritt; Schwein Nr. 003 mit 32 kg.



Abb. 32: Beispiel für ein *Cerebellum*, das das *Foramen magnum* nicht erreicht; Schwein Nr. 072 mit 40 kg.

XII. DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich einigen Personen meinen besonderen Dank entgegenbringen, ohne die es undenkbar gewesen wäre, diese Promotionsschrift anzufertigen.

Zunächst gilt mein Dank Herrn Dr. Reese, meinem Doktorvater, der mir das Thema dieser Arbeit überlassen hat und bei der Erarbeitung der notwendigen Statistik geholfen hat. Die Diskussionen mit ihm, führten häufig zu neuen Ideen und gaben Motivation auch ungeliebtere Themen anzugehen.

Ich danke Herrn Prof. Dr. Scholz für seine Informationen, ohne die ich vielleicht jetzt noch im Dunkeln tappen würde und eine Altersschätzung der Wildschweine kaum möglich gewesen wäre.

Ferner danke ich Herrn Obermayer, der mir alle Wildschweinköpfe zur Verfügung gestellt hat und mich auch tatkräftig bei der Sammlung der Hausschweinköpfe unterstützt hat.

Ein dickes Dankeschön auch an Marlene Amrhein, die mir mit ihrer wertvollen Sachkenntnis in der Präparation und der freundschaftlichen Unterstützung sehr weitergeholfen hat.

Wahnsinnig dankbar bin ich Frau Dr. Friker, ohne deren Hilfe und vielfachen moralischen Beistand, ich womöglich schon längst kapituliert hätte. Ihre konstruktive Kritik, die langen Diskussionen und Gespräche, führten mich immer tiefer in die Thematik ein und steigerten das Interesse an meinem Thema noch mehr. Auch bei praktischen Arbeiten stand sie mir mit Rat und Tat zur Seite und war sich nicht zu schade, mir auch bei körperlich anstrengenden Tätigkeiten zu helfen. Sie war jederzeit bereit weiterzuhelfen, wenn ich an einem Problem hängengeblieben bin und hat ihr Wissen mit mir geteilt. Sie brachte viel Verständnis und Geduld auf, wenn mal nicht alles nach Plan lief und half mir so durchzuhalten. Diese Unterstützung und die, während des Promovierens entstandene Freundschaft, wird mir immer in bester Erinnerung bleiben. Vielen Dank, Jutta.

Riesengroße Dankbarkeit und tiefe Verbundenheit empfinde ich für meine Eltern, die mir das Studium der Veterinärmedizin erst ermöglicht haben, mich auch in sehr stressigen Prüfungsphasen ausgehalten und mich immer unterstützt haben. Ganz besonderer Dank dafür, dass sie für meine Geschwister und mich, alles in ihrer Macht Stehende tun, damit es uns gut geht. Ihre Liebe, Unterstützung und Verständnis, die mich meinen ganzen bisherigen Lebensweg immer begleitet haben, sind unendlich wertvoll. Danke Mama und Papa.

Hervorzuheben ist auch die mathematische Hilfe meines Vaters. Er brachte viel Geduld und Zeit auf, um mir die mathematische Statistik näher zu bringen und verständlicher zu machen.

Vielen herzlichen Dank auch an meine Geschwister Julia und Jan, die mir die besten Tipps gegeben haben, um die harten Studienjahre zu überstehen. Ihr seid für mich da gewesen und habt mich aufgebaut, wenn es mir mal nicht so gut ging und habt mich abgelenkt, wenn mir die Decke auf den Kopf gefallen ist. Eure Besuche sind immer eine sehr willkommene Ablenkung vom Tiermediziner-Alltag.

Danke auch an meine Freunde, die, vor allem in den letzten Monaten vor der Abgabe dieser Dissertation, nicht viel von mir hatten und die meine Launen geduldig ausgehalten haben.

Natürlich danke ich auch allen Anderen, die mir direkt oder indirekt bei der Erstellung meiner Doktorarbeit behilflich waren, sowohl auf wissenschaftlicher als auch auf menschlicher Ebene.